Capítulo 33

Cálculo de Paredes de Contenção
Tricalc.18

Âmbito de aplicação

Este módulo permite o cálculo, comprovação e dimensionamento de Paredes Contínuas de Betão Armado ou de Estacas prancha metálicas e de Paredes descontínuas de Estacas de Betão Armado. Podem-se calcular de forma isolada ou formando parte de uma estrutura completa.

Introdução

O módulo ***Tricalc.18*** de cálculo de paredes de contenção permite o cálculo deste tipo de elemento de contenção de forma integrada com os restantes elementos da estrutura. Contempla-se o cálculo global de todas as paredes de uma estrutura e, no caso mais simples de calcular, só uma parede de forma isolada do resto da estrutura, ainda que neste caso o processo de definição seja mais laboroso dada a necessidade de definir manualmente as cotas das lajes e as acções que a estrutura transmite à parede em estado de serviço.

Vantagens da definição integrada das paredes e da estrutura

O processo de trabalho recomendado quando se tem uma estrutura com paredes de contenção é a definição da estrutura, incluindo todas as lajes tanto abaixo da rasante como sobre a rasante, bem como todas as suas acções, quer sejam sobre barras ou em lajes. Com este sistema ter-se-ão as seguintes vantagens:

- As lajes em contacto com as paredes são consideradas para o cálculo das fases de execução das paredes. Não é necessário definir a sua cota, espessura ou rigidez, uma vez que na fase de definição da parede de contenção estes dados são recuperados directamente da laje. É possível vincular estes dados de forma que, ao modificarem-se as lajes e ao recalcular as paredes de contenção, os dados das lajes se actualizem de forma automática.

- As acções que as lajes transmitirão à parede de contenção na fase de construção e em serviço, calculam-se de forma automática.
- As acções dos pilares na cabeça da parede de contenção consideram-se de forma automática para o cálculo da parede e da viga de coroamento.
- A definição do apoio ou união dos elementos da estrutura com a parede de contenção é automática. Caso se realizem dois modelos independentes, o da estrutura e o da parede, será necessário definir manualmente todos os apoios das lajes e barras abaixo da rasante.
- Nas lajes em contacto com as paredes de contenção, modifica-se automaticamente a posição das vigas de laje de bordo, já que a execução da laje realiza-se após ter sido construída a parede de contenção.
- A medição da parede de contenção obtém-se de forma detalhada com a medição dos restantes elementos da estrutura.
- Nas folhas de composição de desenhos podem introduzir-se os desenhos da armadura das paredes de contenção com os dos outros elementos
- Nas folhas de composição de desenhos em que se seleccione a opção de desenhar os quadros de armaduras incluem-se num único quadro as armaduras de todos os elementos.

Considerando o processo construtivo da parede de contenção, há que ter em conta que as paredes se construirão em primeiro lugar e, uma vez terminadas, realizar-se-á a construção das lajes, barras ou muros abaixo da rasante. Ainda que se definam elementos em contacto com a parede, o programa suporá sempre que a execução da parede se realiza antes de qualquer outro elemento e portanto, considera-se a parede de contenção exclusivamente travada pelas lajes, pelos elementos auxiliares de travamento (por exemplo estruturas metálicas reticuladas provisórias que travam paredes opostas, etc;) e pelas ancoragens.

Relação entre as paredes e o resto da estrutura

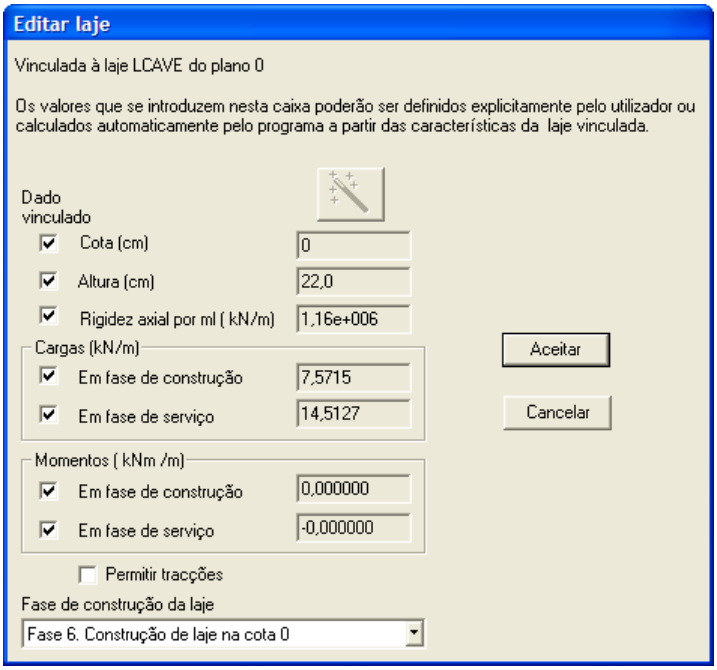
Ainda que com o programa seja possível o cálculo de uma parede de contenção de forma isolada, o habitual será que as paredes sejam mais um elemento da fundação de toda a estrutura. Será importante então entender o que supõe esta união das paredes de contenção com o resto da estrutura, tanto face ao cálculo da própria parede como face ao cálculo de esforços da estrutura.

Devido à sua especial tipologia, as paredes de estacas prancha metálicas não costumam utilizar-se como elemento de apoio de outros elementos estruturais. Carecem inclusive de uma viga de coroamento. Portanto não será de aplicação o indicado neste apartado.

Que implicações tem a estrutura no cálculo das paredes de contenção

Os únicos elementos da estrutura que podem afectar o cálculo (e dimensionamento) das paredes de contenção são as lajes (aligeiradas, fungiformes ou maciças) que se vinculam à parede e os pilares ou paredes resistentes que nascem da viga de coroamento (será preciso activar a opção específica de vinculação das acções no coroamento).

Quando se vincula uma laje à parede de contenção como elemento de apoio, é necessário que exista uma barra ou viga de laje em comum, mesmo que não seja necessariamente horizontal. Para o cálculo da parede de contenção o programa obtém os seguintes dados:



- Cota a que se situa a laje.
- Espessura da laje.
- Rigidez axial por metro linear. Para esse efeito avalia-se a expressão $E \cdot A / L$, sendo:

  E o módulo de Young correspondente ao betão da laje.

  A a área útil por metro de laje. Por exemplo, nas lajes aligeiradas de vigotas, só se considera a parte da laje superior (capa de compressão).

  L a metade da distância ao bordo oposto da laje.

- **Acções e momentos na fase de construção**. Para a sua correcta avaliação já deve estar calculada a estrutura. Obtêm-se como 70% da reacção média (por metro) calculada ao longo da linha de intersecção "laje – parede de contenção" correspondente às hipóteses do peso próprio e acção permanente. Como caso especial, quando a laje se situa no coroamento da parede de contenção, descontam-se as solicitações dos pilares que nascem na referida viga, uma vez que estas formam parte das acções do coroamento.
- **Acções e momentos na fase de serviço**. Semelhante às anteriores, porém calculadas como a envolvente das reacções no estado limite último sem majorar.

Só se calcularão automaticamente aqueles dados que tenham activada a opção **Dado vinculado** na caixa de edição de lajes indicada na figura adjunta.

Quando se criam acções vinculadas no coroamento, o seu valor obtém-se a partir das solicitações dos pilares e paredes resistentes que nascem da viga de coroamento.

O resto dos elementos estruturais unidos à parede (lajes não vinculadas, vigas apoiadas na parede de contenção não pertencentes a uma laje vinculada, paredes resistentes unidas lateralmente à parede, …) não intervêm no cálculo e dimensionamento da parede de coroamento.

Que implicações tem a existência de paredes para o cálculo da estrutura

Coacções ao deslizamento e rotação

Em geral, desde o ponto de vista construtivo, pode-se garantir um encastramento de um pilar, de uma parede ou de uma laje na viga de coroamento de uma parede de contenção. No entanto, as lajes ou vigas unidas à parede por debaixo da viga de coroamento exigem uma etapa de escavação prévia, pelo que não é conveniente garantir um encastramento. Devido a essa situação:

- Por defeito, todos os nós, vigas de laje e bordos de paredes resistentes situados na viga de coroamento, consideram-se encastrados. Por defeito, todos os nós, vigas de laje e bordos de paredes resistentes situados em qualquer parte da parede que não seja a sua viga de coroamento, e no contacto com ela, consideram-se apoiados.
- Se o nó, viga de laje ou bordo de parede resistente tem algum tipo de coacção exterior fixada pelo utilizador (apoio, encastramento ou mola), esta terá prioridade sobre o funcionamento por defeito antes mencionado. Desta forma pode-se considerar o tipo de coacção "estrutura – parede de contenção" que se pretenda.

Indeformabilidade de lajes em contacto com uma parede de contenção

Como excepção, se nas opções de cálculo de esforços fixarmos a opção **indeformabilidade de lajes horizontais no seu plano**, não se considerará -por defeito- coaccionado o deslocamento horizontal nem a rotação relativamente a um eixo vertical da laje, sendo substituído internamente pelo programa na fase de cálculo dessa coacção por uma mola, de magnitude tal, que garanta um comportamento similar à opção activada (indeformabilidade da laje no seu plano). O efeito que esta mola produz é o mesmo que se produz caso se introduza um encastramento perfeito em qualquer nó da laje e que impedirá o seu deslocamento horizontal; desta forma as lajes em contacto com as paredes de contenção não experimentam deslizamentos horizontais.

Tipo de união das lajes com a parede de contenção

As lajes fungiformes aligeiradas e lajes maciças em contacto com a viga de coroamento de uma parede de contenção considerar-se-ão **encastradas**, aparecendo momentos negativos no encastramento. Deverá de respeitar-se um detalhe construtivo na execução com amarração suficiente da armadura superior da laje na viga de coroamento. Caso se queira modificar esta opção por defeito pode-se utilizar a opção **Restrições**... para definir um apoio articulado, com o que se conseguirão diminuir os momentos negativos no apoio com a parede e aumentar os momentos positivos no vão.

As lajes em contacto com uma parede de contenção em cotas inferiores à viga de coroamento considerar-se-ão **apoiadas**, aparecendo pequenos momentos negativos na união.

Elementos não permitidos

Não se permitirá que existam pilares embutidos dentro das paredes de contenção, ainda que existam pilares que arranquem da viga de coroamento.

Não se permite a existência de paredes resistentes no interior das paredes de contenção, porém permite-se que arranquem da sua viga de coroamento. Também se permite que uma parede resistente

tenha um lado lateral apoiado na parede de contenção, porém, nesse caso deve ter-se em conta que essa parede **não intervém no cálculo da parede de contenção como elemento de travamento desta.**

Acções sobre as lajes

Após o cálculo da parede de contenção obtém-se as acções que esta transmite aos elementos de apoio (lajes, elementos auxiliares de travamento e ancoragens). Caso pretenda, pode-se introduzir como acções nas lajes as acções que a parede de contenção lhes transmite para um cálculo da estrutura mais refinado. Nesse caso, não deve estar impedido o deslocamento horizontal na linha de união "parede contenção – laje". Em qualquer caso, estas acções costumam ser exclusivamente de compressão e de valor não muito grande, pelo que são quase sempre favoráveis (confinamento). Por esse mesmo motivo, não é costume serem consideradas, o que geralmente, ficará do lado da segurança.

Vigas contidas na viga de coroamento das paredes de contenção

Caso seja necessário que uma laje apoie sobre a viga de coroamento, será preciso definir uma viga de apoio coincidente com a viga de coroamento da parede de contenção. A esta viga ir-se-á atribuir uma secção rectangular da série de betão de largura igual à espessura da parede e com a altura que se tenha definido na parede de contenção para a viga de coroamento. Não poderão existir vigas contidas nas vigas de coroamento que pertençam a conjuntos.

Na realidade, estas vigas não serão necessárias introduzir excepto quando exista uma laje unidireccional (vigotas aligeirada, cofragem perfilada, etc;) que apoie nelas. Em qualquer caso, a armadura da viga de coroamento calcula-se ao calcular a parede de contenção e visualiza-se ao visualizar a armadura da parede de contenção (independentemente de existirem ou não barras da estrutura na viga de coroamento).

Vigas ou vigas de laje contidas nas paredes de contenção fora da viga de coroamento

Como já foi mencionado, a construção de uma laje apoiada numa parede por debaixo da viga de coroamento, realiza-se após betonagem da parede de contenção e de uma (ou várias) etapa(s) de escavação de terras. Portanto, não se pode betonar conjuntamente a parede e a laje. Nesse caso, a viga ou viga de laje (que sempre deve existir no apoio de uma laje em uma parede de contenção) constroi-se encostada à parede de contenção e assim se desenham nas folhas de composição de desenhos. A armadura da laje amarra-se nesta viga, não penetrando em nenhum caso na parede de contenção.

Podem definir-se diferentes tipos de união entre as lajes abaixo da rasante e a parede de contenção, com as funções:

- **Geometria>Laje Aligeirada>Apoios...** para lajes unidireccionais.
- **Geometria>Laje Fung. Aligeiradas – Maciças>Restrições...** para lajes fungiformes aligeiradas e lajes maciças.

Dependendo do tipo de coacção entre a laje e a parede de contenção (apoio, apoio sem deslizamento, encastramento, …), será necessário definir sempre um detalhe construtivo adequado que enlace a parede de contenção e esta viga (ou viga de laje).

O programa não permite obter gráficos ou listagens de esforços destas vigas (ou vigas de laje).

As vigas (ou vigas de laje) contidas na parede de contenção e fora da viga de coroamento só servem de 'intermediárias' entre a laje e a parede de contenção, pelo que só se armam com uma quantia geométrica dupla da mínima marcada pela norma ou regulamento seleccionado.

Função Geometria>Paredes de Contenção>Introduzir...

As funções do submenu **Geometria>Muros de Cave-Contenção-Paredes** permitirão operar tanto sobre muros de cave ou de contenção como sobre paredes de contenção.

Seleccionando a função **Introduzir Parede de Contenção**, clica-se em dois ou três pontos que definirão a parede de contenção. Caso se utilizem 2 pontos, estamos a definir a dimensão horizontal da parede de contenção calculada pela projecção horizontal da distância que une os 2 pontos. Caso se utilizem 3 pontos, definimos também a sua altura.

Como determinar a extensão das paredes de contenção numa planta irregular?

É necessário definir cada um dos tramos rectos da parede de contenção que se vai construir. Para as paredes de contenção de betão, tenha em consideração que o módulo de construção tem umas dimensões habituais entre 2,50 m e 5,00 m, **pelo que não é aconselhável definir paredes de contenção cuja dimensão horizontal seja menor que este valor mínimo**.

Como considerar a definição de uma parede de contenção se as lajes não são contínuas?

Se as intersecções entre a parede de contenção definida e as lajes da estrutura não são contínuas ao longo de toda a extensão horizontal, o programa perguntará ao utilizador se quer dividir a parede de contenção de forma a que, em cada uma das franjas verticais nas quais se divide, as intersecções com as lajes da estrutura sejam constantes.

Assistente de definição e modificação

O assistente de definição de paredes de contenção possui os seguintes separadores:

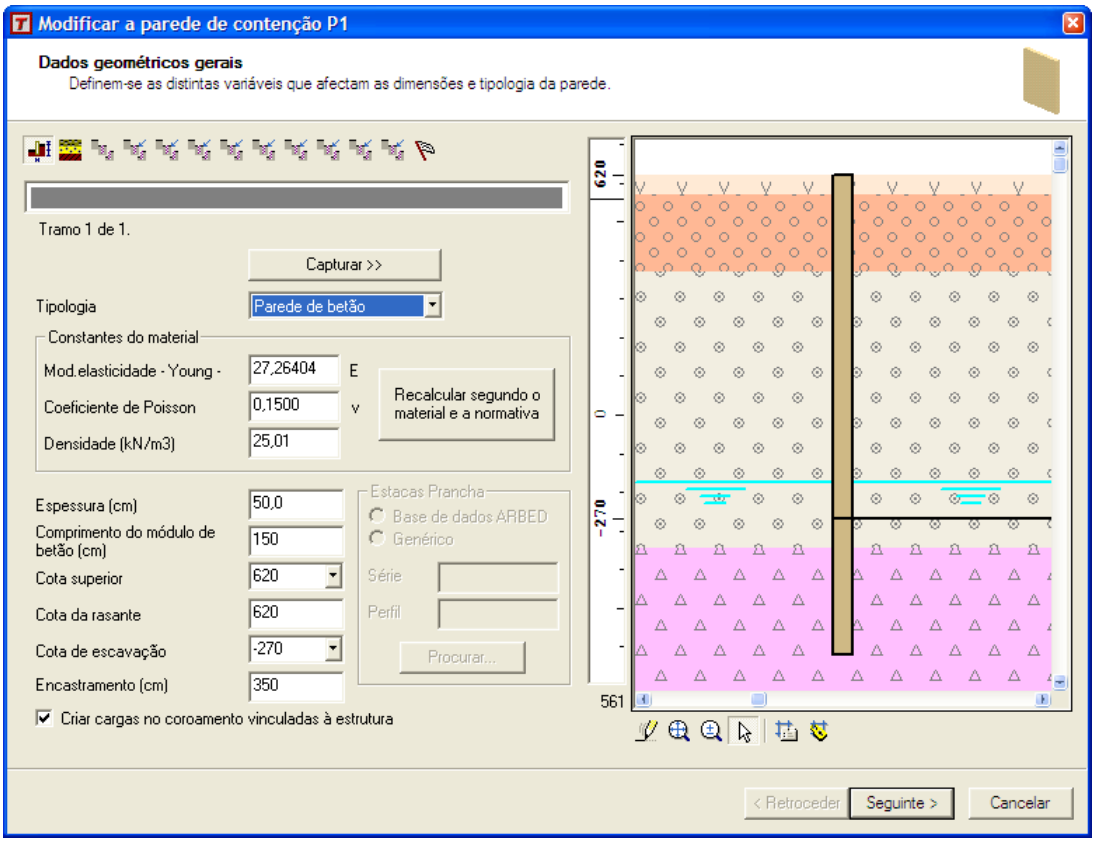
- Janela de apresentação
- Dados geométricos gerais
- Terreno
- Lista de fases
- Uma janela por cada uma das fases que o utilizador defina
- Janela final

Separador de apresentação

Unicamente se apresenta uma imagem de apresentação. Os botões **<Anterior** e **Seguinte>** permitem mover-nos entre cada passo (separador) do assistente. O botão **Cancelar** interrompe a execução do assistente.

Separador *Dados geométricos gerais*

Este separador consta de duas zonas. À direita uma janela de representação gráfica, que se repetirá nos passos seguintes, e à esquerda uma zona para a definição das características gerais da parede de contenção: tipologia, constantes do material, dimensões da parede...



Tramos

Caso a parede de contenção tenha sido dividida pelo programa em vários tramos, representa-se o tramo em que nos encontramos **Tramo 1 de x**, onde x é o número total de tramos. As paredes de contenção são divididas em vários tramos quando não apresentam uma geometria constante dentro de cada tramo.

Tipologia

Pode-se seleccionar entre as opções **Parede de estacas**, **Paredes de betão** (paredes contínuas) e **Estacas Prancha Metálicas**.

Constantes do material

Define-se o módulo de Young *E*, o coeficiente de Poisson *ν* e a densidade do material da parede de contenção. No caso de paredes de contenção de estacas e paredes de betão o valor das constantes por defeito são as do betão; no caso das estacas prancha metálicas o valor por defeito é o do aço. O botão **Recalcular segundo o material e regulamento** permite recalcular os valores de E e de v segundo os critérios e formulação da regulamentação seleccionada.

Função *Capturar*

O botão **Capturar>>** permite seleccionar uma parede de contenção já definida na estrutura, para copiar todos os seus valores para a nova parede de contenção.

Dimensões

Para paredes de estacas: **Diâmetro da estaca**, **Separação entre eixos de estacas.**

Para paredes de betão: **Espessura**, **Valor do módulo** que define o valor do comprimento do tramo no qual se divide a construção de cada parede, por defeito igual a 250 cm.

Para paredes de estacas prancha metálicas: Nesta tipologia de paredes define-se a secção tipo da parede, existindo a opção de seleccionar um modelo do catálogo de perfis ARBED da ARCELOR ou uma associação de perfis simples. O botão **Pesquisar...** permite aceder às bases de dados da ARBED e de perfis. No Tricalc os ficheiros pertencentes à base de dados ARBED têm extensão **.TR18**. O valor do campo **Espessura** e as constantes do material são recuperados da base de dados.

Cotas

Em coordenadas gerais, é preciso definir 4 valores, 3 cotas e um comprimento que definem as dimensões da parede de contenção na vertical e a situação do terreno.

Cota Superior	é a cota da parte superior da parede de contenção.
Cota da rasante	é o valor da cota superior do terreno.
Cota da escavação	é o valor da cota da escavação do terreno (a realizar).
Encastramento (cm)	é o comprimento vertical medido desde a cota da escavação (e em que a parede penetra no terreno).

Cada parede de contenção pode ter valores independentes de cotas, o que é aplicável a paredes de contenção construídas em terrenos em pendente.

A altura e largura mínima de uma parede de contenção será de 100 cm.

Janela de desenho

Na janela de desenho do assistente poder-se-á modificar graficamente a cota de escavação e a cota superior da parede de contenção.

Os ícones permitem as seguintes funções:

Redesenhar o conteúdo da janela

Auto centrado desenha todo o conteúdo da janela na máxima escala possível

Activar Zoom +- com os botões esquerdo ou direito do rato

Activar Selecção, cursor de selecção, para seleccionar elementos na janela (estratos, ancoragens, acções...)

Valores da malha para definir o ponto origem e o valor do passo

Malha bloqueada para impedir movimentos com o cursor para fora dos pontos da malha

O número do extremo inferior esquerdo da janela representa a cota geral em Yg onde se posiciona o cursor gráfico.

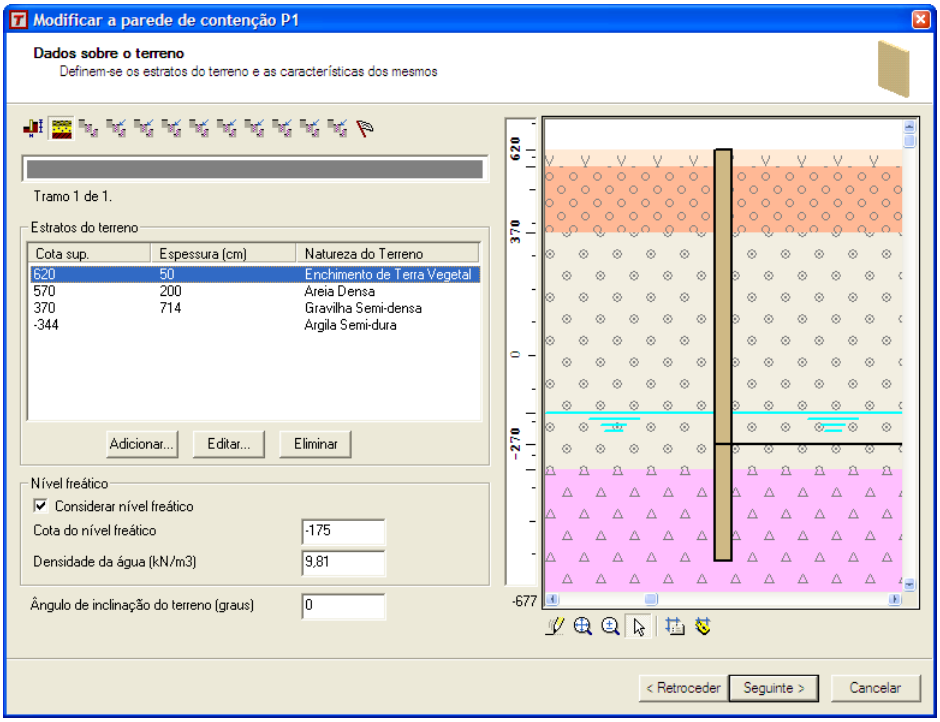
Opção "*Criar acções no coroamento vinculadas à estrutura*"

Esta opção permite considerar de forma automática as acções no coroamento da parede de contenção (acção vertical, acção horizontal e acção de momento), por metro de parede de contenção. Estas acções são provenientes do resto da estrutura, por exemplo da existência de pilares que nascem na parede de contenção. As acções calculam-se durante a fase de cálculo de esforços e são introduzidas por defeito na última fase, a fase de serviço, podendo ser editadas no separador desta fase, na opção **Acções**.

É possível editar as acções no separador correspondente à fase de serviço, sendo necessário *desvincular* para posteriormente modificar e poder colocar um valor diferente do obtido automaticamente a partir da estrutura. O valor das acções é obtido na fase de cálculo de esforços, pelo que até esse momento mostrará o valor zero.

Separador "*Dados do Terreno*"

Nesta janela definem-se as características e estratos do terreno em contacto com a parede. É possível definir diferentes características de terreno para paredes de contenção da mesma estrutura. Quando um terreno está constituido por vários estratos, na janela de desenho deste separador pode modificar-se graficamente a cota que separa um estrato de outro e a cota do nível freático.

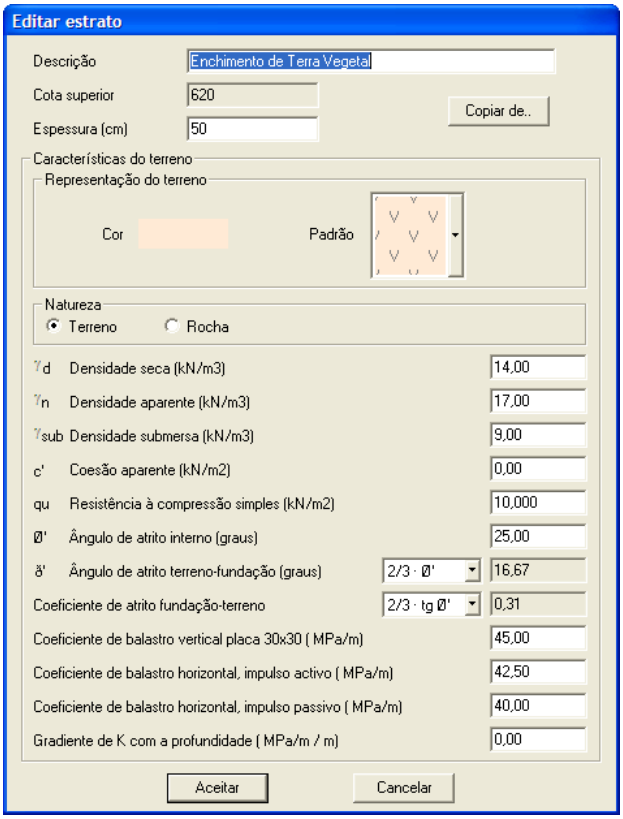


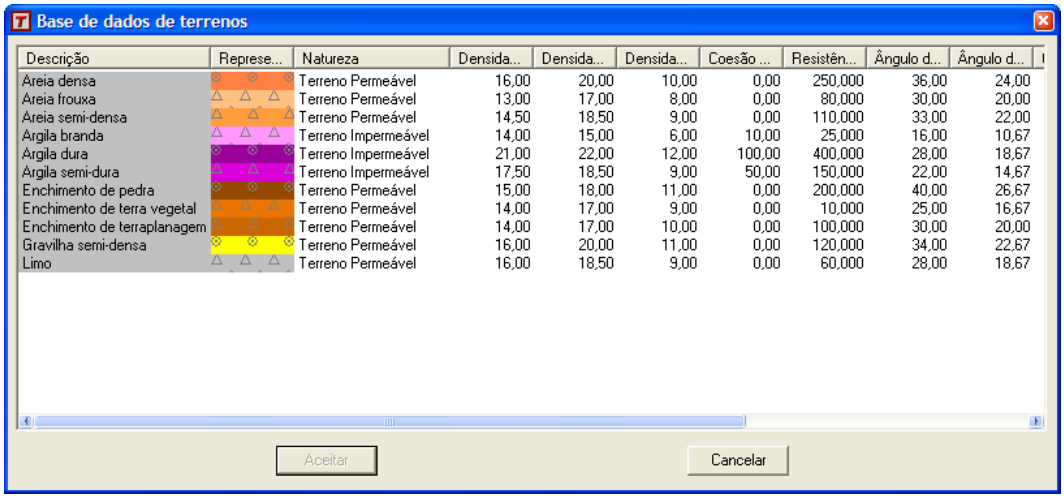
Pressionando duplo clique na janela de desenho editar-se-á o terreno sobre o qual se encontra o cursor.

Estratos do terreno

Nesta janela representam-se os estratos do terreno a considerar: **Cota Superior**, **Espessura** e **Tipo de Terreno**. Por defeito, considera-se que existe um estrato desde a cota superior e de profundidade infinita. É possível as seguintes funções:

- **Adicionar...** Permite adicionar um novo estrato por debaixo do seleccionado na caixa. Para esse efeito deve seleccionar primeiro o estrato superior e, seguidamente, pressionar o botão **Adicionar...**. A cota superior do estrato a adicionar considera-se igual à cota inferior onde finaliza o estrato seleccionado. Caso não se seleccione nenhum estrato na caixa, ao pressionar **Adicionar...** o novo estrato insere-se como primeiro estrato a partir da cota superior do terreno.
- **Editar.** Permite modificar as propriedades de um estrato já definido. Caso se modifique a cota superior do estrato e/ou a sua espessura, o programa desloca para cima ou para baixo os estratos inferiores mantendo a sua espessura constante.
- Ao seleccionar qualquer destes 2 botões, aparece a caixa de diálogo **Editar Estrato**, onde se pode seleccionar o estrato da base de dados de terrenos através do botão **Copiar de...** (ver função **Secções e dados>Bases de Terrenos...**). As propriedades do estrato recuperadas da base geral de dados de terrenos podem ser editadas nesta caixa, modificando os valores **só para o cálculo destas paredes de contenção**; não se modificam os valores na base de terrenos
- Para cada estrato define-se a cota superior (onde começa) e a sua profundidade.




Base de dados de terrenos
Descrição | Represe... | Natureza | Densida... | Densida... | Densida... | Coesão ... | Resistên... | Ângulo d... | Ângulo d...
Areia densa | Terreno Permeável | 16,00 | 20,00 | 10,00 | 0,00 | 250,000 | 36,00 | 24,00
Areia frouxa | Terreno Permeável | 13,00 | 17,00 | 8,00 | 0,00 | 80,000 | 30,00 | 20,00
Areia semi-densa | Terreno Permeável | 14,50 | 18,50 | 9,00 | 0,00 | 110,000 | 33,00 | 22,00
Argila branda | Terreno Impermeável | 14,00 | 15,00 | 6,00 | 10,00 | 25,000 | 16,00 | 10,67
Argila dura | Terreno Impermeável | 21,00 | 22,00 | 12,00 | 100,00 | 400,000 | 28,00 | 18,67
Argila semi-dura | Terreno Impermeável | 17,50 | 18,50 | 9,00 | 50,00 | 150,000 | 22,00 | 14,67
Enchimento de pedra | Terreno Permeável | 15,00 | 18,00 | 11,00 | 0,00 | 200,000 | 40,00 | 26,67
Enchimento de terra vegetal | Terreno Permeável | 14,00 | 17,00 | 9,00 | 0,00 | 10,000 | 25,00 | 16,67
Enchimento de terraplanagem | Terreno Permeável | 14,00 | 17,00 | 10,00 | 0,00 | 100,000 | 30,00 | 20,00
Gravilha semi-densa | Terreno Permeável | 16,00 | 20,00 | 11,00 | 0,00 | 120,000 | 34,00 | 22,67
Limo | Terreno Permeável | 16,00 | 18,50 | 9,00 | 0,00 | 60,000 | 28,00 | 18,67
Aceitar
Cancelar

Natureza

Pode-se seleccionar entre **Terreno** e **Rocha**. Quando se selecciona **Rocha** não se utilizam os parâmetros de resistência do terreno, assumindo-se que a rocha é suficientemente rígida e os deslocamentos a partir desse ponto serão zero.

O significado de cada uma das propriedades do estrato pode consultar-se no "Capítulo 11 Secções, apartado Bases de Dados de Terrenos", no Manual de Instruções.

Não se permitirá que a cota de escavação de uma parede de contenção esteja abaixo da cota superior de um estrato de rocha. Não se permitirão estratos intermédios de rocha, pelo que o estrato de rocha deve ser sempre o mais profundo.

Nível freático

Define-se a existência de nível freático, a sua cota e a densidade do fluído a considerar.

Terreno no coroamento

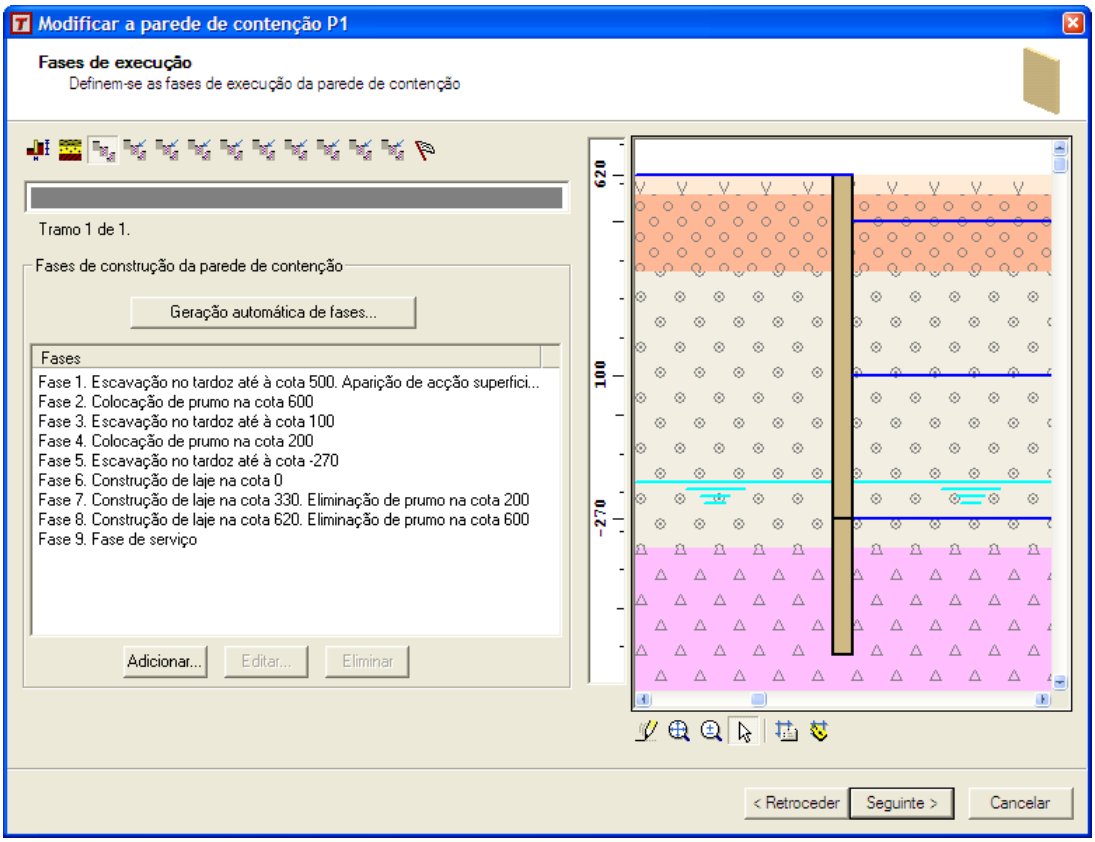
É possível definir um ângulo de inclinação do terreno no coroamento que é considerado no cálculo dos impulsos sobre a parede de contenção.

Separador "*Fases de execução*"

As fases poderão definir-se de forma manual ou de forma automática utilizando o assistente de criação de fases de que dispõe o programa. O programa criará sempre uma fase especial que colocará no final da lista de fases: a fase de serviço.

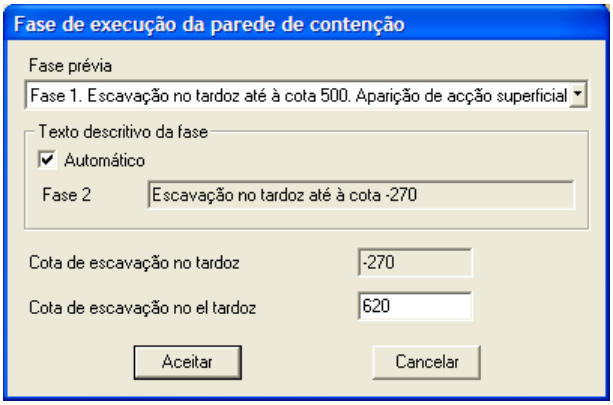
Uma vez criadas todas as fases, surgem no assistente tantos separadores (passos) como fases, onde podem definir-se os dados de cada uma de forma independente.

Aconselha-se como método de trabalho utilizar primeiro a função **Geração automática de fases...** ,para gerar todas as fases, e depois aceder a cada fase de forma individual caso se queiram realizar modificações.


Modificar a parede de contenção P1
Fases de execução
Definem-se as fases de execução da parede de contenção
Tramo 1 de 1.
Fases de construção da parede de contenção
Geração automática de fases...
Fases
Fase 1. Escavação no tardoz até à cota 500. Aparição de acção superfici...
Fase 2. Colocação de prumo na cota 600
Fase 3. Escavação no tardoz até à cota 100
Fase 4. Colocação de prumo na cota 200
Fase 5. Escavação no tardoz até à cota -270
Fase 6. Construção de laje na cota 0
Fase 7. Construção de laje na cota 330. Eliminação de prumo na cota 200
Fase 8. Construção de laje na cota 620. Eliminação de prumo na cota 600
Fase 9. Fase de serviço
Adicionar...
Editar...
Eliminar
620
100
-270
< Retroceder
Seguinte >
Cancelar

Definição manual de fases

Pressionando o botão **Adicionar...**, aparece uma caixa de diálogo para a definição das fases:



Além de um texto descritivo, que permitirá identificar a fase, definem-se os valores relativos à **Cota de escavação no intardoz** e a **Cota de escavação no tardoz**. Se na fase anterior já se chegou à cota prevista de escavação total do intardoz, não será possível modificar essa cota nesta nova fase.

Cada fase criada manualmente insere-se na lista de fases na linha que nesse momento esteja seleccionada. Se não existe nenhuma linha seleccionada colocar-se-á no final das fases.

Os textos descritivos das fases poderão ser definidos automaticamente pelo programa (em função das acções desenvolvidas durante a fase) ou fixados manualmente pelo utilizador.

Pressionando duplo clique na janela de desenho poderão editar-se fases, ancoragens, lajes e acções.

Na janela de desenho poderão modificar-se graficamente a cota de escavação das fases e as cotas de ancoragens, lajes e acções.

Cada vez que se adicionam ou eliminam fases adicionam-se ou eliminam-se janelas no assistente pois para cada fase criar-se-á uma janela no assistente.

Definição Automática de fases

Seleccionando a opção **Geração automática de fases...** é possível definir as fases de forma automática introduzindo as etapas de escavação, com ou sem contraventamentos (elementos auxiliares de travamento e ancoragens) e as etapas de construção das lajes. Com esta informação o programa criará automaticamente as fases necessárias para considerar o processo construtivo da parede de contenção.

Ao utilizar o assistente de geração de fases perdem-se as fases que tiverem sido definidas previamente.

Geração de fases: Etapas de escavação

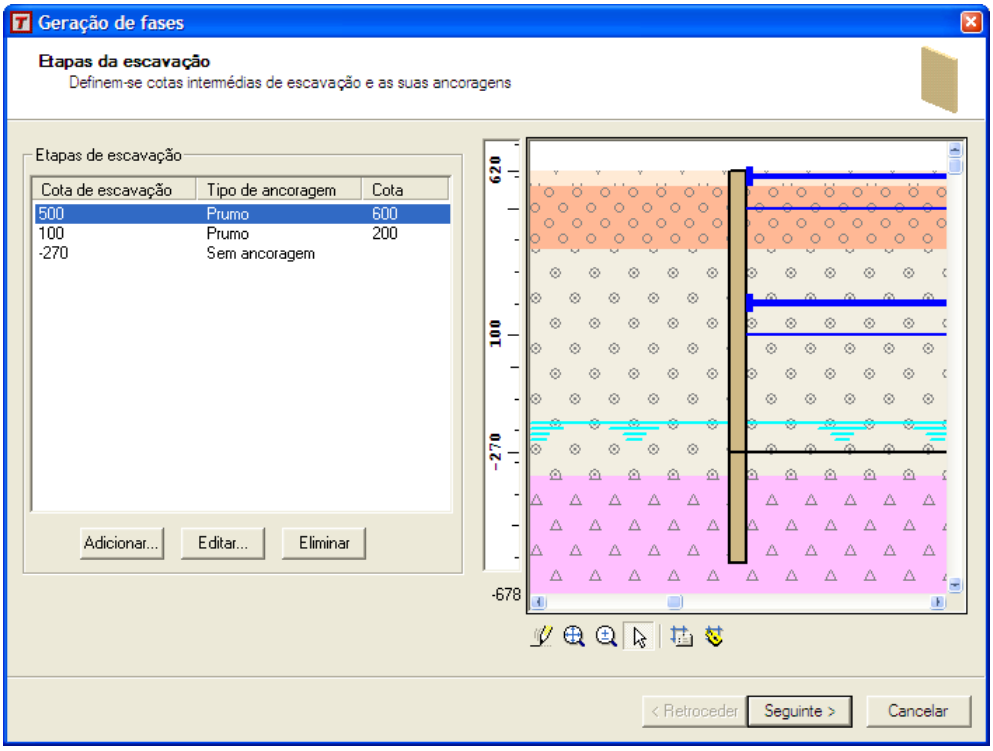
Definem-se as etapas de escavação e as ancoragens com o que se geram as fases. Pode utilizar-se o botão **Adicionar...**, ou utilizar a janela de desenho, que tem as seguintes capacidades:

BOTÃO PRIMÁRIO (ESQUERDO)

Pode seleccionar-se graficamente a cota intermédia de escavação e a cota na qual se situam os elementos auxiliares de travamento/ancoragens, subindo ou baixando a sua cota de colocação. Pressionando duplo - clique sobre as ancoragens e os elementos auxiliares de travamento poderão editar-se as ancoragens ou elementos auxiliares de travamento já definidos.

BOTÃO SECUNDÁRIO (DIREITO)

Aparece um menu contextual com a função **Adicionar...**, que permite adicionar uma etapa intermédia de escavação, ancoragem ou elemento auxiliar de travamento, na cota na qual se tenha clicado com o botão secundário do rato (ver cota representada no canto inferior esquerdo da janela).



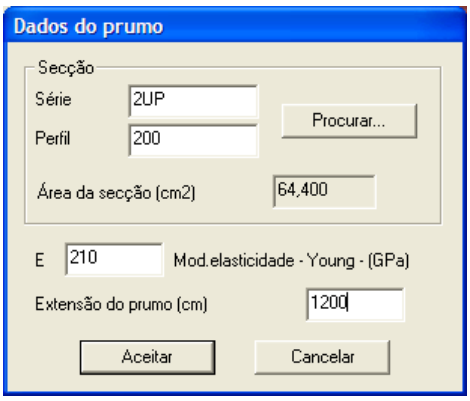
Em cada etapa intermédia de escavação definem-se os seguintes dados:

■ **Tipo** de apoio, que pode ser um elemento auxiliar de travamento, ancoragem ou nenhum.

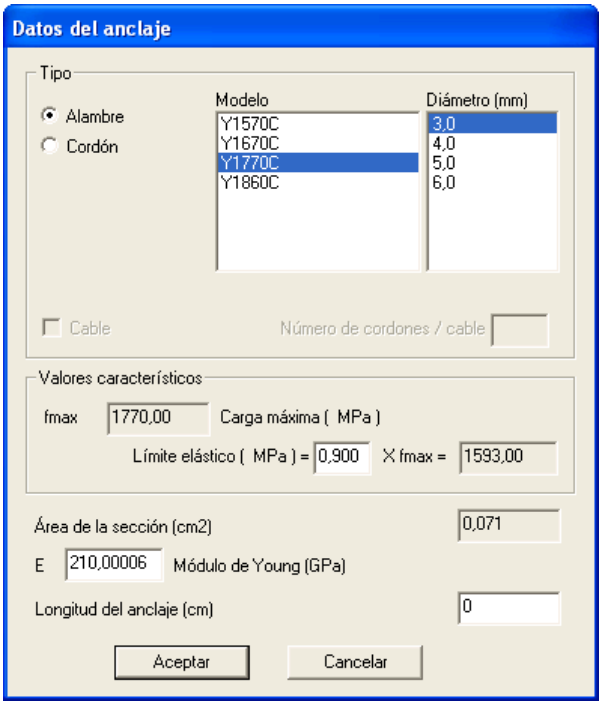
- Assistente para o cálculo da rigidez axial de elementos auxiliares de travamento e ancoragens. Os elementos auxiliares de travamento e ancoragens introduzem-se na parede através de uma mola com uma determinada constante de rigidez. Para o cálculo do valor da rigidez, no caso do elemento auxiliar de travamento, pode introduzir-se o seu valor directamente no campo **Rigidez axial**, ou pode utilizar-se o assistente para realizar o cálculo.

  Para elementos auxiliares de travamento, pode-se seleccionar um perfil da base de perfis ou pode-se introduzir directamente a área transversal da secção. O cálculo da rigidez faz-se através da expressão habitual $k=E \cdot A/L$, sendo:

A	a área da secção,
E	o módulo de Young do elemento auxiliar de travamento
L	o seu comprimento.



Para ancoragens. Existe uma base de dados de modelos de arames e cordões, armazenada no ficheiro **ANCLAPC.TR** dentro da pasta **Bases de dados** do programa, na qual se podem seleccionar as ancoragens a utilizar.



Atendendo à definição do Art.32.1 da EHE tem-se:

- **Fio**: segundo a EHE Art.32.1 é um "...produto de secção maciça, procedente de um estiramento em frio que normalmente se fornece em rolo".
- **Cordão**: podem ser de 2, 3 ou 7 fios. Segundo a EHE Art.32.1 "cordão de 2 ou 3 fios é um conjunto formado por dois ou três fios de igual diâmetro nominal d, todos eles enrolados helicoidalmente, com o mesmo passo e o mesmo sentido de torsão, sobre um eixo ideal comum (ver UNE 36094:97)". "Cordão de 7 fios é um conjunto formado por seis fios de igual diâmetro d, enrolados helicoidalmente, com igual passo e no mesmo sentido de torsão, ao redor de um arame central recto cujo diâmetro estará compreendido entre 1,02d e 1,05d (ver UNE 36094:97)".
- **Cabo**: conjunto de cordões, especificando-se no programa o número de cordões por cabo a colocar.
- **fmáx**, carga unitária máxima de rotura. Para a definição do limite elástico, introduz-se um factor a aplicar sobre a carga máxima de rotura fmáx, de valor por defeito 0,9.
- **Área da secção cm²** da ancoragem seleccionada (A).
- **E**, módulo de Young da ancoragem.
- Comprimento da ancoragem.

Com estes dados calcula-se a sua rigidez com a expressão $k=E \cdot A/L$.

Importante	O programa não realiza a comprovação das ancoragens e elementos auxiliares de travamento; é necessário verificar que os esforços resultantes nestes elementos auxiliares (ver Listagem de Paredes de Contenção) são resistidos.

Outros valores da definição de uma etapa de escavação:

- **Cota de escavação**, valor da cota de escavação correspondente à etapa de escavação que se está a definir. Uma etapa de escavação que inclua elemento de apoio (ancoragem ou elemento auxiliar de travamento), irá gerar duas fases: a primeira a de escavação do terreno até à cota definida nesta opção, e a segunda a colocação do elemento de apoio (ancoragem ou elemento auxiliar de travamento).
- **Cota de ancoragem** ou do elemento auxiliar de travamento
- **Rigidez axial**, que poderá introduzir-se manualmente ou utilizando os assistentes para elementos auxiliares de travamento e ancoragens.
- **Comprimento do elemento auxiliar de travamento**, no caso de utilizar este tipo de travamento.
- Opção **Permitir tracções** (só para o caso de elementos auxiliares de travamento). A activação desta opção dependerá do tipo de união entre o elemento auxiliar de travamento e a parede de contenção. Caso se execute uma união que possa suportar tracções, esta opção deverá estar activada. Por defeito está desactivada.
- **Valores E e at** –coeficiente de dilatação térmica (só para o caso de elementos auxiliares de travamento), utilizados no caso de existirem acções de temperatura.
- **Ângulo de ancoragem** (graus), relativamente à horizontal.
- **Acção de tensão inicial (kN)**, no caso da ancoragem ser activa introduz-se a sua acção de tensão.
- **Acção de plastificação (kN)**, para permitir que se considere a plastificação da ancoragem. É recomendável que numa primeira aproximação de cálculo da parede de contenção esta opção esteja desactivada. Uma vez correctamente dimensionada a ancoragem a partir dos resultados da análise, pode-se activar esta opção num cálculo final para considerar as características reais da ancoragem que se vai construir. O valor da carga de plastificação inicializa-se automaticamente pelo valor do limite elástico.
- Os campos **Fase de execução** e **Fase de eliminação** utilizam-se fora do assistente, quando as fases já estão criadas, para modificar as fases de execução e/ou eliminação da ancoragem ou elemento auxiliar de travamento. Caso a ancoragem ou elemento auxiliar de travamento seja retirada numa fase distinta da última (a fase de serviço), entender-se-á que a ancoragem ou elemento auxiliar de travamento é provisório. Caso contrário, entender-se-á que é permanente. Esta diferença é importante nas ancoragens, porque as normativas como a espanhola CTE DB SE-C fixam um coeficiente de segurança do efeito das acções sobre as ancoragens diferente para ambos casos.

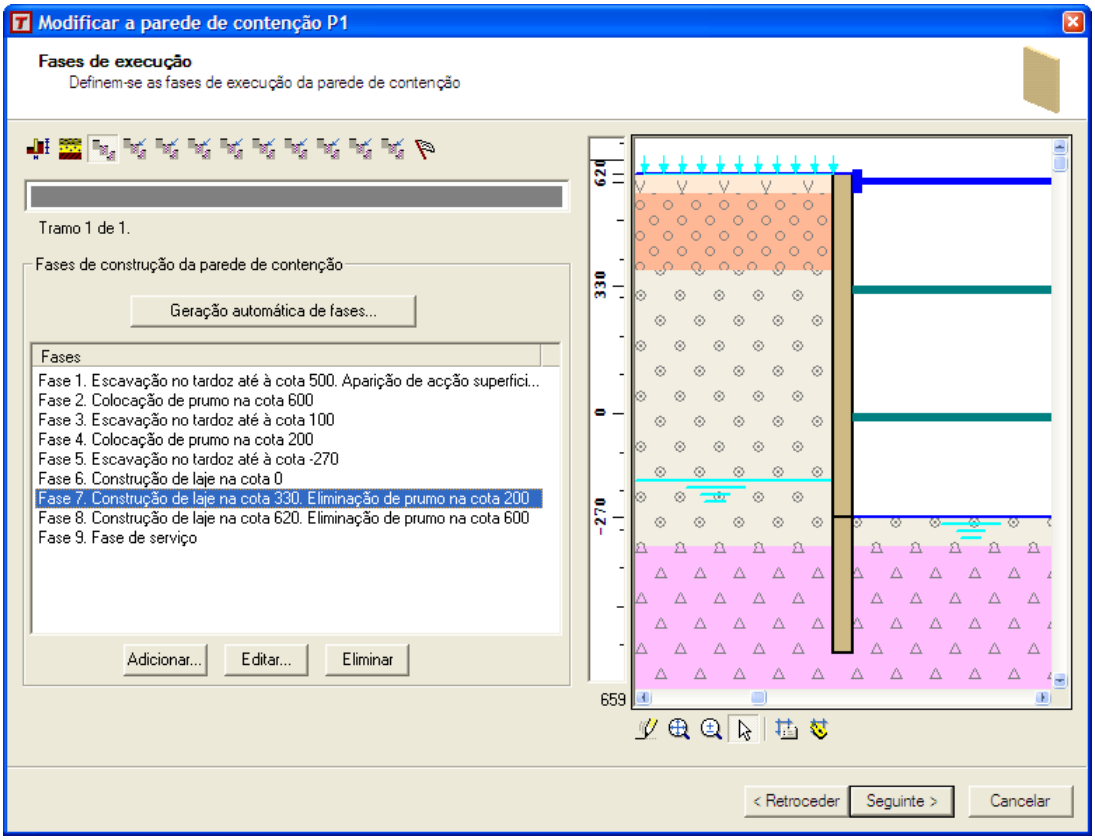
Geração de fases: Etapas da construção de Lajes

Neste separador definem-se as lajes que afectam a parede de contenção na sua fase de construção. É possível definir os dados de cada laje de forma manual, definindo a sua cota, altura, acções, rigidez..., ou então utilizar os dados já definidos na estrutura, que é o processo mais automático.

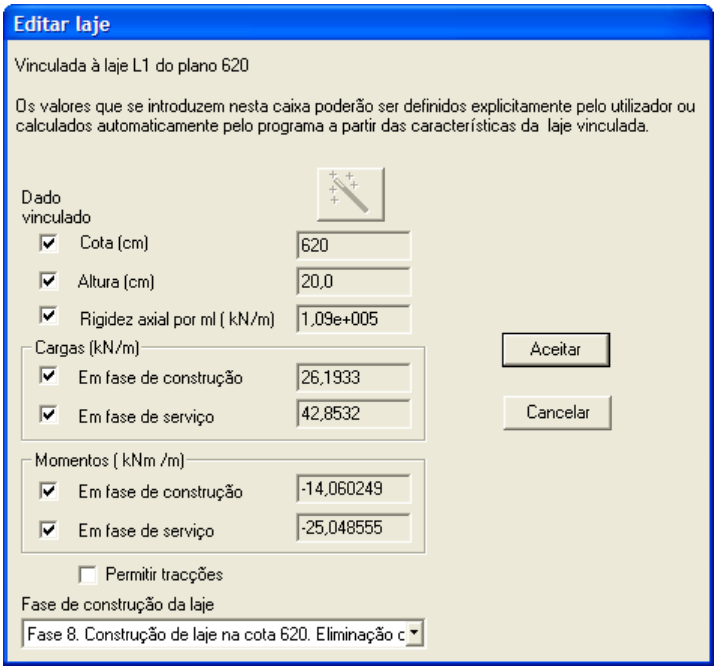
Caso se eliminem lajes da estrutura às quais estão vinculados os cálculos de alguma parede de contenção, o programa perguntará se pretende eliminar a laje do cálculo da parede de contenção ou se a pretende desvincular.

A opção **Construção Inversa** só será possível de activar se não existirem elementos auxiliares de travamento nem ancoragens definidas pelas lajes. Deve escolher-se quando se vai utilizar este sistema construtivo, em que as lajes se executam de cima para baixo consoante se vai escavando o terreno.

Na janela de desenho poderá modificar graficamente a cota das lajes, sempre que essa cota não esteja vinculada a nenhuma laje da estrutura.


Modificar a parede de contenção P1
Fases de execução
Definem-se as fases de execução da parede de contenção
Tramo 1 de 1.
Fases de construção da parede de contenção
Geração automática de fases...
Fases
Fase 1. Escavação no tardoz até à cota 500. Aparição de acção superfici...
Fase 2. Colocação de prumo na cota 600
Fase 3. Escavação no tardoz até à cota 100
Fase 4. Colocação de prumo na cota 200
Fase 5. Escavação no tardoz até à cota -270
Fase 6. Construção de laje na cota 0
Fase 7. Construção de laje na cota 330. Eliminação de prumo na cota 200
Fase 8. Construção de laje na cota 620. Eliminação de prumo na cota 600
Fase 9. Fase de serviço
Adicionar...
Editar...
Eliminar
620
330
0
-270
659
< Retroceder
Seguinte >
Cancelar

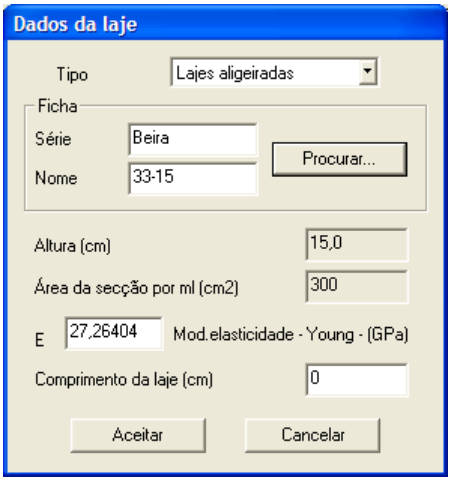
- **Adicionar...** Esta função acede a uma caixa de diálogo com os dados das lajes a definir. É necessário definir a cota da laje (cota da face superior), a sua espessura e a sua rigidez axial por metro linear. Estes valores podem definir-se directamente, utilizando um assistente de ajuda (se a laje não está vinculada a uma laje da estrutura) ou obter esses dados desde a laje da estrutura à qual se vincula.



- **Permitir tracções**, esta opção é similar à existente na definição de elementos auxiliares de travamento. Caso esteja activada considera-se que a união "laje - parede contenção" pode resistir a tracções.
- **Fase de construção da laje**. No assistente de definição de fases esta opção está desactivada. Posteriormente à criação de todas as fases, esta opção pode utilizar-se para mudar de fase uma laje já definida.

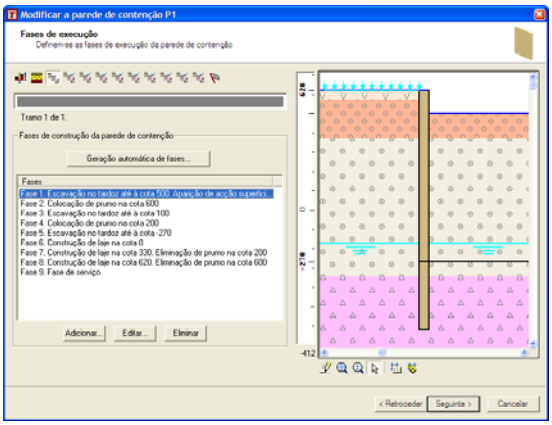
No assistente de ajuda de lajes, define-se:

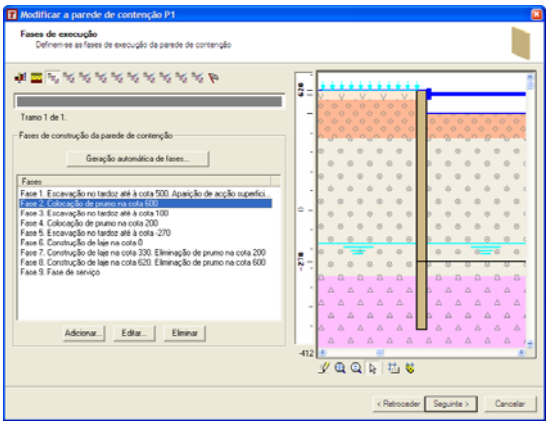
- Tipo de laje: **Maciça**, **Unidireccional (aligeirada de vigotas, cofragem perfilada, etc;)** ou **Fungiforme Aligeirada**. Esta opção utiliza-se para a função **Procurar...** que permite seleccionar entre as fichas de lajes unidireccionais ou fungiformes aligeiradas, a **Série** e o **Nome**.
- **Espessura** e **Área da secção por ml**, recuperam-se de forma automática a partir da ficha de laje seleccionada. No caso do tipo **Maciça**, são introduzidos pelo utilizador. O valor da espessura serve para determinar com exactidão a cota onde se situa a mola representativa dessa laje, a metade do valor da espessura da laje.
- **Módulo de Young E**.
- **Comprimento da laje (cm).** Para a determinação da rigidez que a laje aporta à parede de contenção, neste campo define-se o comprimento perpendicular à parede de contenção a considerar na fórmula $k=E \cdot A/L$. No caso da laje realizar o travamento de 2 paredes que se encontram frente a frente, o valor deste comprimento será a metade da distância que separa as 2 paredes de contenção.

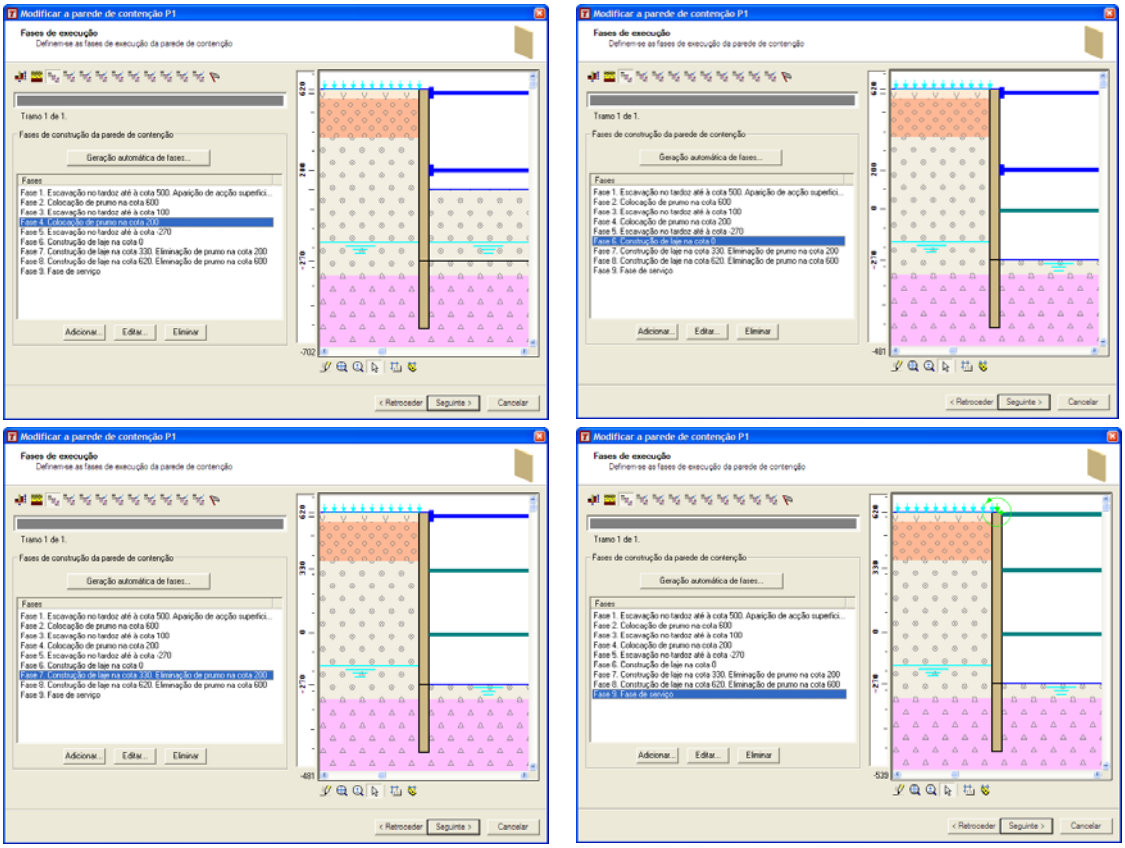


Visualização das fases

Uma vez definidas todas as fases, quer seja de forma manual ou automática com o assistente, podem verificar-se graficamente as definições realizadas seleccionando cada fase na janela **Fases de construção da parede de contenção**. Caso não exista nenhuma fase seleccionada representa-se o terreno. Seleccionando sobre cada uma das fases podem observar-se as ancoragens, elementos auxiliares de travamento e lajes definidas até ao momento:


Modificar a parede de contenção P1
Fases de execução
Definem-se as fases de execução da parede de contenção
Tramo 1 de 1.
Fases de construção da parede de contenção
Geração automática de fases...
Fases
Fase 1. Escavação no tardoz até à cota 500. Aplicação de acção superfici
Fase 2. Colocação de prumo na cota 600
Fase 3. Escavação no tardoz até à cota 100
Fase 4. Colocação de prumo na cota 200
Fase 5. Escavação no tardoz até à cota -270
Fase 6. Construção de laje na cota 0
Fase 7. Construção de laje na cota 330. Eliminação de prumo na cota 200
Fase 8. Construção de laje na cota 620. Eliminação de prumo na cota 600
Fase 9. Fase de serviço
Adicionar...
Editar...
Eliminar
< Retroceder
Seguinte >
Cancelar

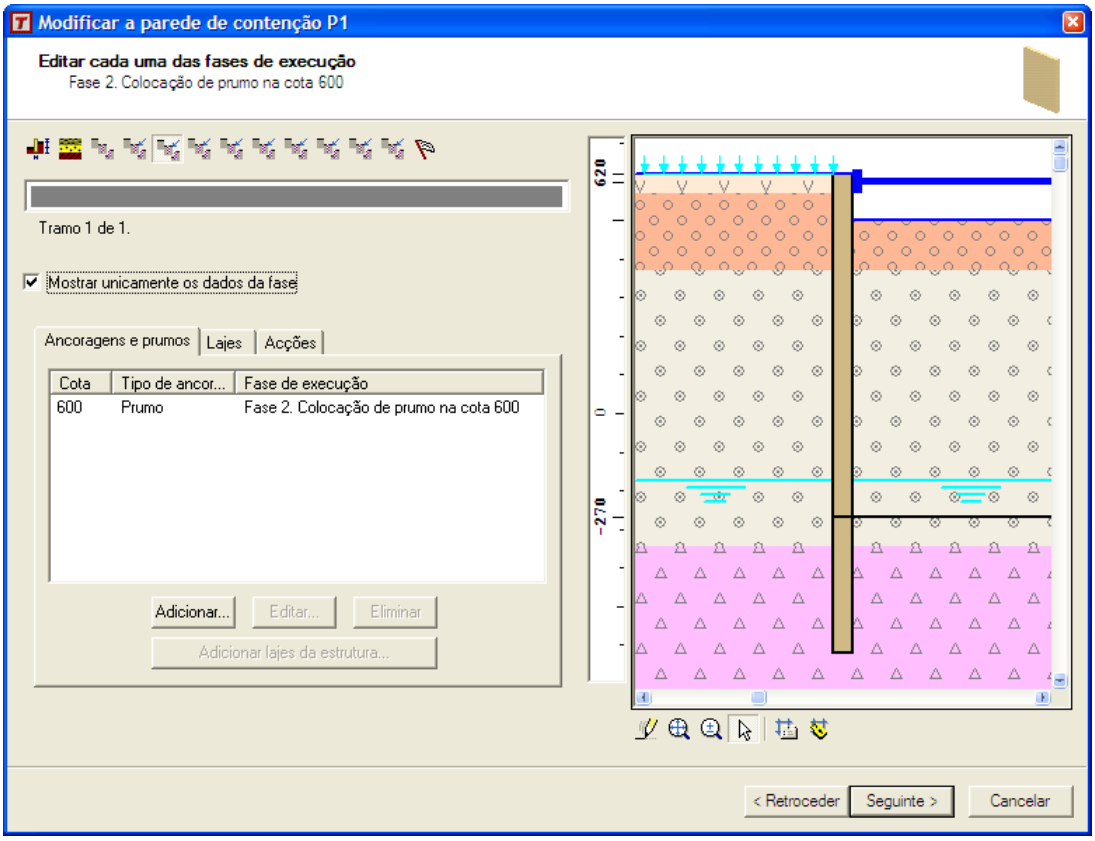

Modificar a parede de contenção P1
Fases de execução
Definem-se as fases de execução da parede de contenção
Tramo 1 de 1.
Fases de construção da parede de contenção
Geração automática de fases...
Fases
Fase 1. Escavação no tardoz até à cota 500. Aplicação de acção superfici
Fase 2. Colocação de prumo na cota 600
Fase 3. Escavação no tardoz até à cota 100
Fase 4. Colocação de prumo na cota 200
Fase 5. Escavação no tardoz até à cota -270
Fase 6. Construção de laje na cota 0
Fase 7. Construção de laje na cota 330. Eliminação de prumo na cota 200
Fase 8. Construção de laje na cota 620. Eliminação de prumo na cota 600
Fase 9. Fase de serviço
Adicionar...
Editar...
Eliminar
< Retroceder
Seguinte >
Cancelar


Modificar a parede de contenção P1
Fases de execução
Definem-se as fases de execução da parede de contenção
Tramo 1 de 1.
Fases de construção da parede de contenção
Geração automática de fases...
Fases
Fase 1. Escavação no tardoz até à cota 500. Aparição de acção superfici...
Fase 2. Colocação de prumo na cota 600
Fase 3. Escavação no tardoz até à cota 100
Fase 4. Colocação de prumo na cota 200
Fase 5. Escavação no tardoz até à cota -270
Fase 6. Construção de laje na cota 0
Fase 7. Construção de laje na cota 330. Eliminação de prumo na cota 200
Fase 8. Construção de laje na cota 620. Eliminação de prumo na cota 600
Fase 9. Fase de serviço
Adicionar...
Editar...
Eliminar
< Retroceder
Seguinte >
Cancelar

Separador de cada fase

Uma vez definidas todas as fases cria-se um separador independente para cada uma, podendo editar-se de forma individualizada as acções, ancoragens e lajes.

Pressionando *duplo clique* na janela de desenho poderão editar-se as fases, ancoragens, lajes e acções. A opção **Mostrar unicamente os dados de cada fase** permite visualizar as ancoragens e elementos auxiliares de travamento, lajes e acções desta fase (ou de todas), dados que se representarão graficamente e na janela de texto.



Na janela de texto podem seleccionar-se, adicionar-se ou editar-se as ancoragens e elementos auxiliares de travamento, as lajes e acções definidas.

Na janela de desenho poderão modificar-se graficamente a cota de escavação das fases e as cotas das ancoragens, lajes e acções.

A lista de ancoragens, lajes e acções poderá ordenar-se pressionando sobre cada um dos títulos da lista.

Operações para cada fase definida

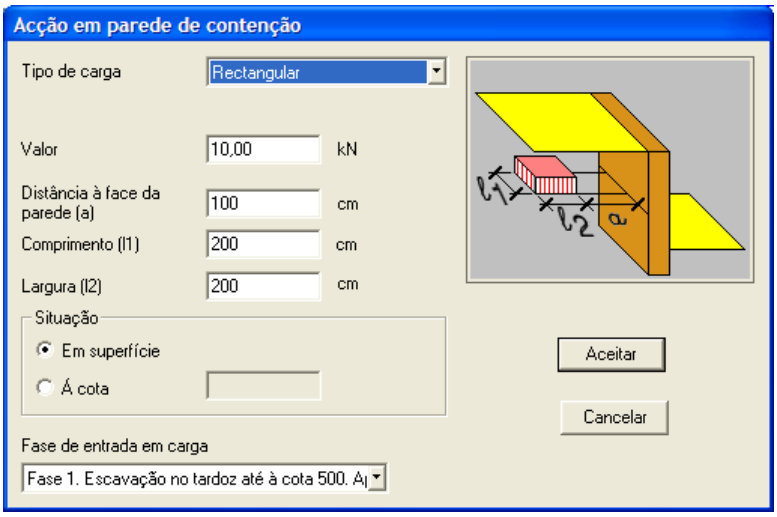
Adicionar e editar ancoragens ou elementos auxiliares de travamento

Poderão adicionar-se e editar-se manualmente as ancoragens e elementos auxiliares de travamento desde o separador de cada fase. Para as ancoragens e elementos auxiliares de travamento adicionados manualmente devem definir-se também as fases de escavação necessárias. O assistente de criação de fases encarrega-se de criar uma fase de escavação com cada ancoragem, porém na criação manual é necessário que seja o utilizador a realizar essa tarefa.

Adicionar e editar acções

Manualmente podem-se adicionar acções dos seguintes tipos:

■ **Acção Rectangular**

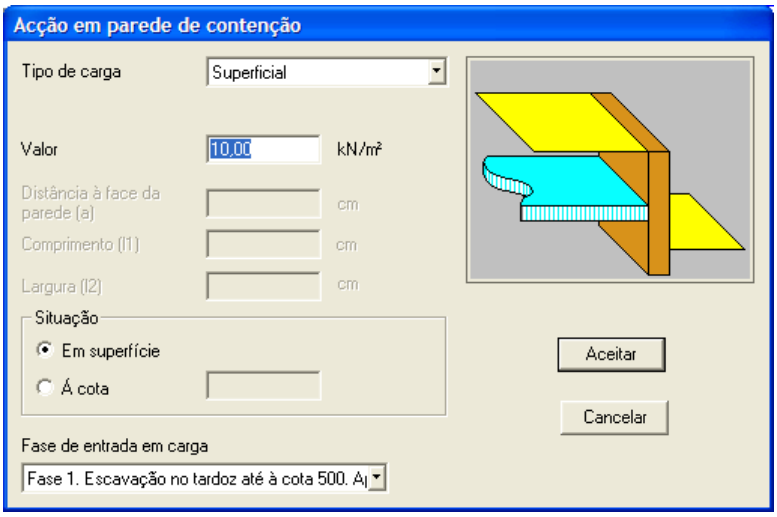


Define-se com o seu valor, a distância *a* da face ao tardoz da parede de contenção e as suas duas dimensões *l1* e *l2*. O plano de aplicação da carga pode ser **Em superfície**, a cota superior do terreno ou uma cota **Á cota** especificada.

No campo **Fase de entrada da acção** define-se a fase na qual se deve considerar a acção, aparecendo uma lista desdobrável com as fases definidas nesse momento.

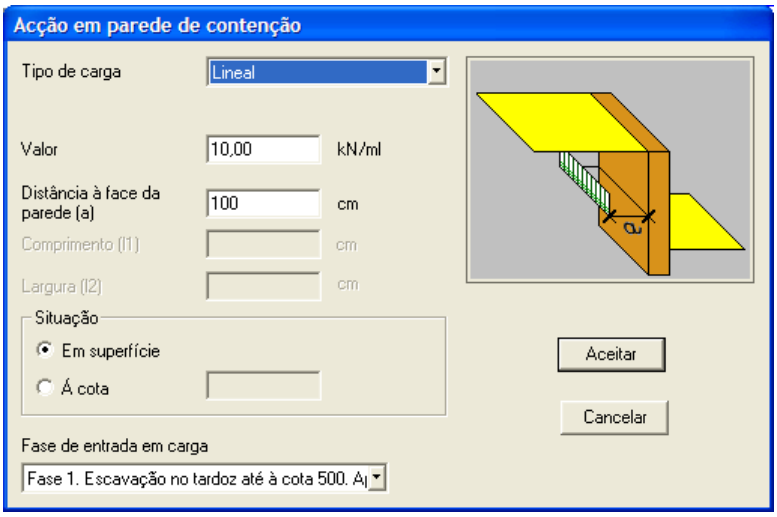
■ **Acção Superficial**

É uma acção distribuída uniformemente numa superfície.



Define-se o seu valor, a sua cota e a fase de entrada em acção.

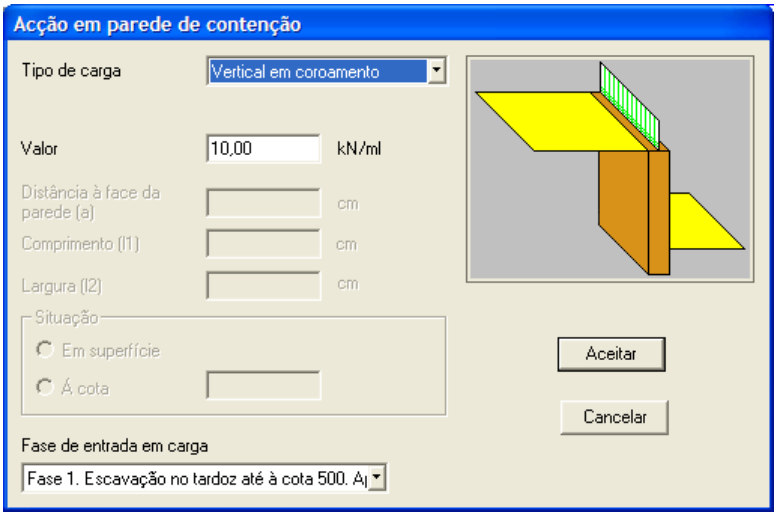
■ **Acção Linear**

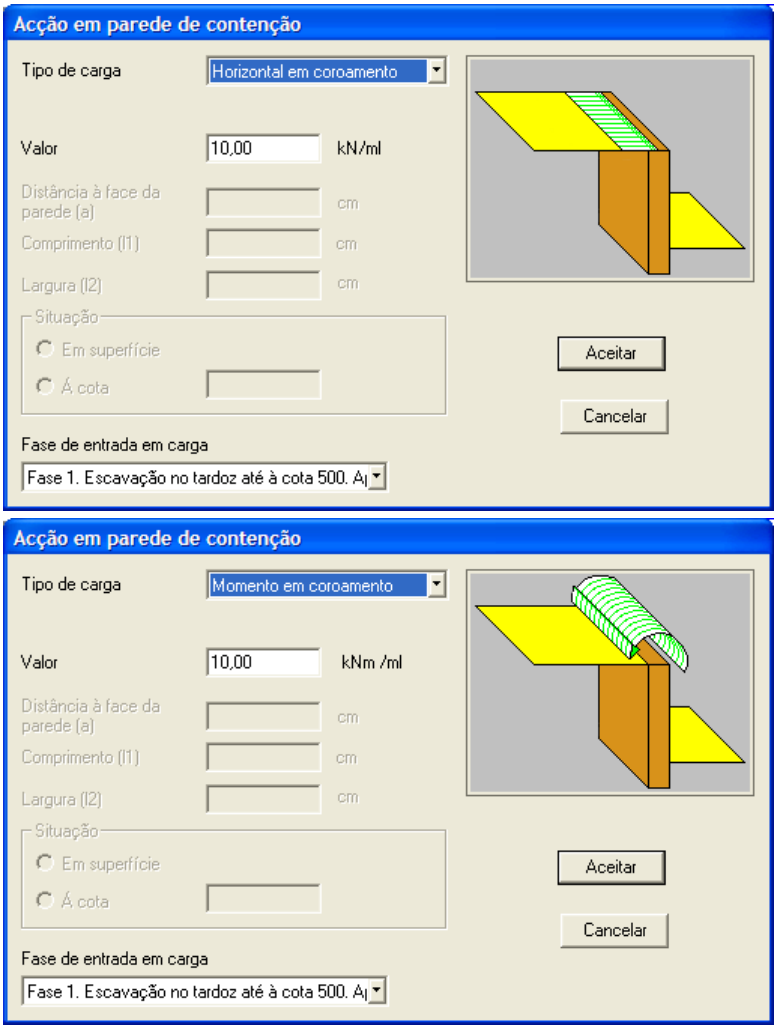


Define-se a distância ou separação à face do tardoz da parede de contenção, o seu valor em Kn/ml e a fase de entrada em acção.

■ **Carga Vertical**, **Horizontal** e **Momento Flector no Coroamento**

Define-se o seu valor por unidade de comprimento da parede e a fase de entrada em carga.



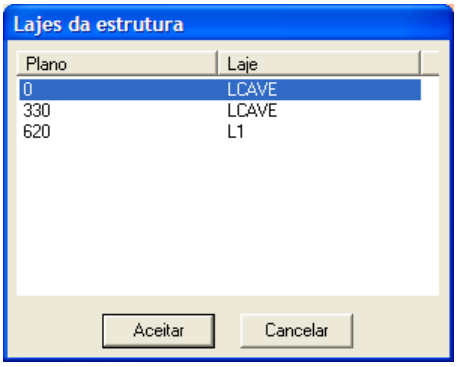


Adicionar e editar lajes

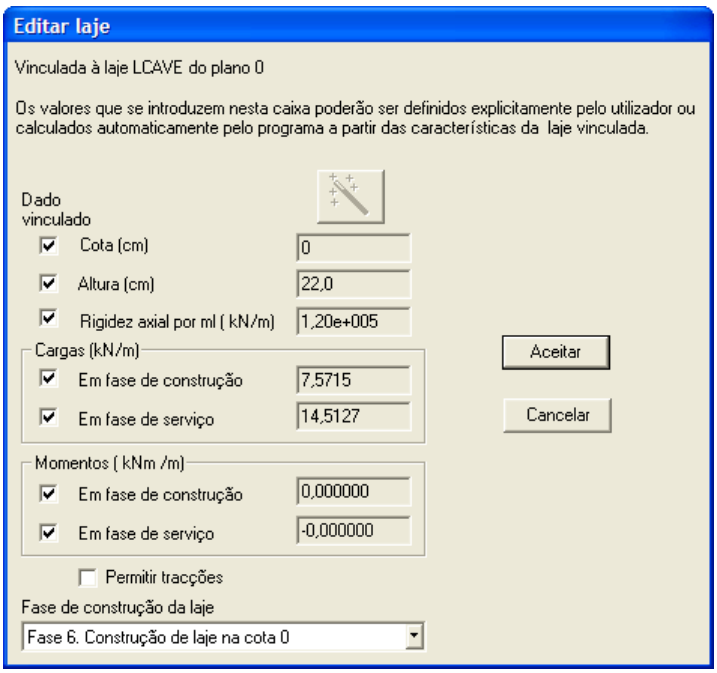
As lajes poderão adicionar-se de duas formas: manualmente e automaticamente. O programa, na forma automática, procura a intersecção entre a parede de contenção e as lajes da estrutura. Os dados das lajes introduzidos a partir das lajes da estrutura poderão ficar vinculados ou não. Quando a laje está vinculada a informação utilizada para calcular a parede de contenção não é introduzida pelo utilizador de forma directa, sendo o programa que a calcula a partir dos dados da laje da estrutura. Cada um dos dados da laje poderá desvincular-se de forma individual.

Adicionar as lajes da estrutura

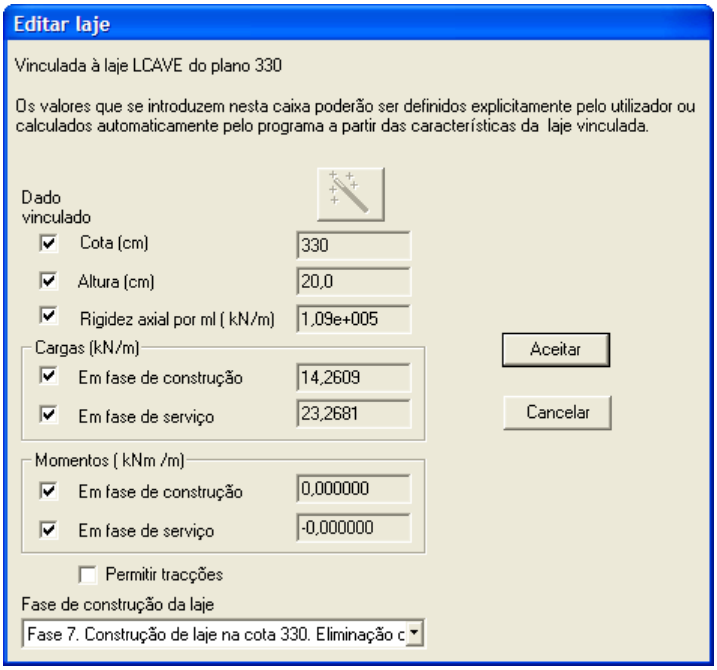
A opção **Adicionar lajes da estrutura...** permite considerar as lajes já definidas na estrutura na fase actual e nas seguintes a partir das que se adicionem.



Nos casos das lajes importadas da estrutura, a função **Editar...** mostra a seguinte informação:



Observa-se que os valores **Cota**, **Espessura**, **Rigidez axial**, **Acções**, **Momentos**... são dados que estão vinculados à laje da estrutura, ou seja, são dados que o programa obtém automaticamente da estrutura, e portanto os seus valores não são editáveis (as células aparecem desactivadas em cinza). Se pretender modificar estes valores, deverá desactivar o *check* à sua esquerda, alterando-se o campo para editável. Na imagem seguinte, como exemplo modificou-se a rigidez axial:

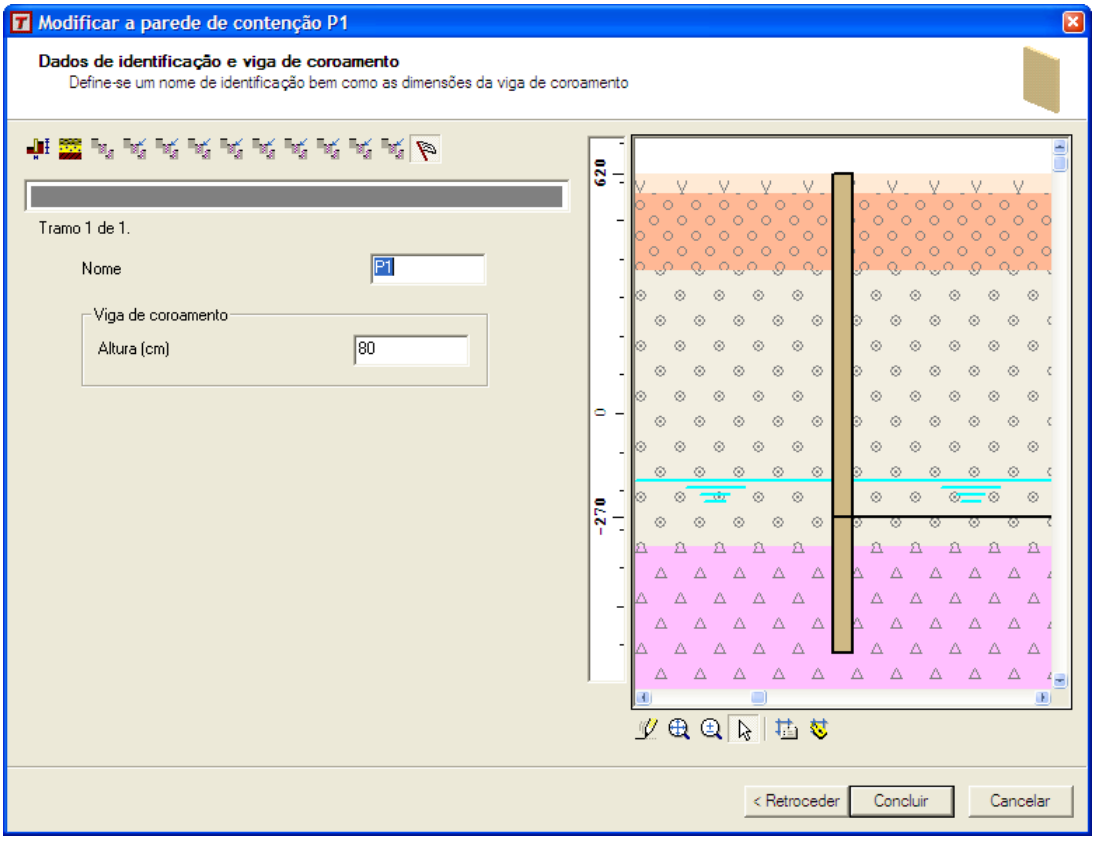


Separador *Dados Identificação* e *Viga de coroamento*

No último separador do assistente define-se:

- Nome da parede de contenção, constituido por até 8 caracteres alfanuméricos, que serve de identificação em desenhos e listagens.
- Altura da viga de coroamento. A largura da viga de coroamento é sempre igual à espessura da parede de contenção contínua ou do diâmetro das estacas no caso de paredes de estacas. As paredes de estacas prancha não possuem viga de coroameto, pelo que não se solicita este dado.

Ao pressionar o botão **Finalizar** realizam-se as seguintes verificações geométricas definidas no apartado **Geometria: verificação de paredes de contenção**.



Funções do menu Geometria >...Paredes

Existe um conjunto de funções de aplicação sobre paredes de contenção já definidas. Para seleccionar uma parede de contenção, é necessário seleccionar com o rato qualquer dos lados horizontais ou verticais da parede de contenção.

Geometria: Função Modificar parede de contenção

Selecciona-se uma parede de contenção já existente. Exibe-se no ecrán o assistente de definição e modificação de paredes de contenção, podendo-se aceder a cada um dos seus dados.

Geometria: Função Girar parede de contenção

Permite mudar de lado o tardós e o intradós em paredes de contenção. Da mesma forma que nos muros de cave, aqui o tardós desenhar-se-á com linha mais grossa.

Geometria: Função Inverter direcção

Permite modificar a origem e a direcção horizontal da construção dos módulos, estacas ou estacas prancha da parede de contenção. Utiliza-se para posicionar o desenho dos módulos das paredes de contenção de betão nos desenhos.

Geometria: Verificação de paredes de contenção

Ao criar uma parede de contenção e ao verificar a sua geometria realizam-se diferentes comprovações relativas a:

- Tamanho da parede de contenção.
- Coerência entre as cotas inferior e superior da parede de contenção e as cotas de escavação das fases, as cotas das ancoragens, elementos auxiliares de travamento, acções e lajes.
- Coerência entre as cotas das ancoragens, elementos auxiliares de travamento e lajes e suas fases de execução.
- Existência de lajes definidas na estrutura e não consideradas no cálculo da parede de contenção.
- Existência de lajes aos quais está vinculado o cálculo da parede de contenção.

Nenhum dos erros de definição das paredes de contenção impedem o cálculo de esforços, e portanto na verificação de geometria todas as mensagens são consideradas como advertências.

Dos seguintes erros, alguns impedem o cálculo da parede de contenção a que pertencem (**Er**) e outros são advertências que não impedem o cálculo da mesma (Adv).

Quando uma parede de contenção tiver erros de geometria e como consequência desses mesmos erros não se possa calcular, na listagem de erros de cálculo indicar-se-á que a parede de contenção tem erros de geometria.

Mensagem	**Dimensões não válidas. (Er)**
Descrição	Esta mensagem exibe-se quando a altura e/ou a largura da parede de contenção é menor que 1 metro.
Mensagem	**Separação entre estacas não válida. (Er)**
Descrição	Pode-se cumprir a relação em que a separação entre estacas será maior ou igual que a espessura da parede e menor ou igual que 3 vezes a espessura da parede de contenção.
Mensagem	**Comprimento com módulo não válido. (Er)**
Descrição	Deve-se cumprir a condição em que o comprimento do módulo em paredes de betão será maior que 2 vezes a espessura da parede de contenção.
Mensagem	**Advertência: Não se consideram as acções no coroamento procedentes da estrutura. (Adv)**
Descrição	Aparece esta mensagem em modo de advertência sempre que a opção correspondente esteja desactivada e a estrutura e paredes de contenção tenha outros elementos.
Mensagem	**Tipo de terreno indefinido. (Er)**
Descrição	Não se definiu o tipo de terreno.
Mensagem	**Estrato não válido. Estrato intermédio de rocha (Er)**
Descrição	Não se permitem estratos intermédios de rocha. Caso se defina um estrato de rocha necessariamente será o estrato inferior.

Mensagem	**Cota de escavação não válida. Não é possível escavar em estratos de rocha. (Er)**
Descrição	Definiu-se algum estrato de rocha, pelo que a cota de escavação da parede necessariamente estará acima dele.
Mensagem	**O ângulo do talude é maior que o ângulo de atrito interno do terreno. (Er)**
Descrição	O ângulo talude não pode ser superior ao ângulo de atrito interno do terreno do primeiro estrato.
Mensagem	**Erro ao ler os dados da laje vinculada (Er)**
Descrição	Por alguma modificação na estrutura, posterior à definição da parede, a laje vinculada já não existe.
Mensagem	**Cota não válida. (Er)**
Descrição	A cota em que se encontra definida uma laje está por cima da cota superior da parede de contenção ou por debaixo da cota de escavação da mesma. Caso se tenha definido a cota de escavação igual à cota da laje, recordamos que no Tricalc a cota da laje é medido na sua face superior; deverá portanto definir-se a cota de escavação como pelo menos até à face inferior da laje.
Mensagem	**Cota de ancoragem não válida. (Er)**
Descrição	A cota a que colocou a ancoragem ou elemento auxiliar de travamento está acima da cota superior da parede de contenção ou abaixo da cota de escavação da mesma.
Mensagem	**Fases não definidas. (Er)**
Descrição	A parede de contenção não tem nenhuma fase definida.
Mensagem	**Cota de fase não válida. (Er)**
Descrição	A cota de escavação para uma fase, no intradós ou no tardós, está acima da cota superior da parede de contenção ou abaixo da cota de escavação.
Mensagem	**Cota da laje ou ancoragem incompatível com a cota de escavação da fase. (Er)**
Descrição	A cota à qual se pretende construir uma laje ou colocar uma ancoragem ou elemento auxiliar de travamento está abaixo da cota até a qual se escavou na fase em que se pretende introduzir a laje, ancoragem ou elemento auxiliar de travamento.
Mensagem	**Em nenhuma fase é alcançada a cota de escavação. (Er)**
Descrição	Em nenhuma das fases definidas é alcançada a cota de escavação definida para a parede de contenção.
Mensagem	**Cota da rasante não válida. (Er)**
Descrição	A cota de escavação está acima da cota superior da parede de contenção ou abaixo da cota de escavação.
Mensagem	**Secção não encontrada. (Er)**
Descrição	Para paredes de estacas prancha, não é encontrada a série ou o perfil atribuído à parede.
Mensagem	**Laje não considerada no calculo da parede de contenção. (Adv)**
Descrição	Encontra-se uma laje em contacto com a parede de contenção e que não foi tida em conta para o cálculo da mesma. Deve voltar ao assistente para considerar a laje no processo construtivo; ainda que possam existir casos em que não interessa que uma determinada laje actue como apoio da parede. Em todo o caso, o detalhe construtivo do enlace parede contenção – laje deve corresponder ao tipo de enlace considerado no calculo.

Mensagem	**Apoios demasiado próximos (laje(s), ancoragem(ns) ou elemento auxiliar de travamento(s)) (Er)**
Descrição	Não se permite que dois apoios, quer sejam duas lajes, duas ancoragens ou dois elementos auxiliares de travamento, ou um de cada tipo, coincidam numa fase a menos de 20 cm de diferença entre as suas cotas respectivas.
Mensagem	**Definição do tardós incongruente com a posição da laje. (Adv)**
Descrição	Comprova-se se as lajes da estrutura situadas no lado do tardós da parede de contenção, estão acima da cota de escavação do tardós.

Importação - Exportação das paredes de contenção para o modelo Allplan

No ficheiro de intercâmbio com o programa Allplan, para as paredes de contenção, não se armazenarão nem os terrenos, nem as fases, nem as ancoragens, nem as lajes, nem as constantes do material, nem as acções. Ao exportar uma parede para o formato de intercâmbio estes dados perdem-se.

Secções e Dados

Base de dados de terrenos

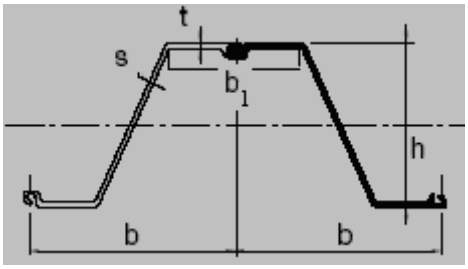
A função **Secções e dados>Terrenos...** permite a gestão dos diferentes tipos de terrenos que serão utilizados pelo programa para o cálculo das paredes de contenção. O nome do ficheiro é **TERRENOS.TR** e instala-se na pasta **C:\TricalcXX\Bases de dados**, onde XX representa a versão (por exemplo 64 para a versão Tricalc 6.4).

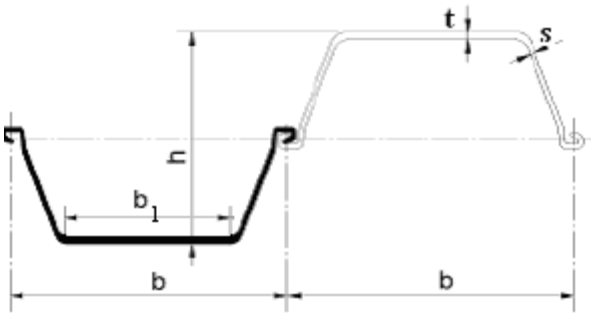
Os nomes dos terrenos contidos no ficheiro que se fornece com o programa não podem ser modificados pelo utilizador. Só podem ser modificados os nomes dos terrenos introduzidos pelo utilizador. Para mais informação remetemos para o capítulo específico do manual.

Perfis de estacas prancha

Inclui-se no programa a possibilidade de realizar as paredes de contenção por meio de estacas prancha metálicas. Incluem-se os perfis das séries Z e U procedentes do catálogo profilARBED da ARCELOR. Também existe a possibilidade de usar outros perfis metálicos e de madeira, que já existem no ***Tricalc***.

As duas *peças* do catálogo profilARBED incluídas são:





Os perfis foram agrupados nas seguintes séries: AZ, AU, PU, L e JSP e guardam-se nos ficheiros de extensão **TR18.**

Calculo das paredes de contenção

O processo de calculo de uma parede requer a resolução de diferentes fases de construção ou execução das mesmas. Para resolver uma fase é necessário resolver primeiro a fase anterior.

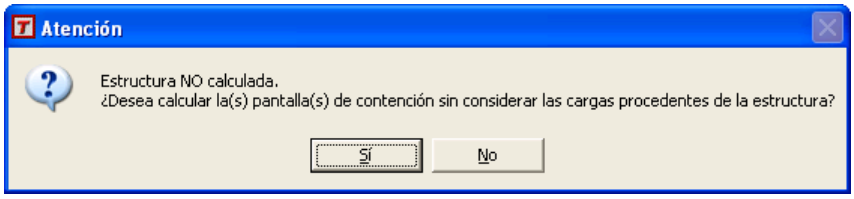
A função **Calculo>Paredes de Contenção>Calcular Todas...** e a função **Calculo>Paredes de Contenção>Calcular Desenho...** permitem calcular respectivamente todas as paredes definidas na estrutura ou só as contidas no desenho seleccionado.

Ao iniciar o processo de calculo das paredes, verifica-se a estrutura para saber se estão calculados os esforços (função **Calculo>Esforços>Calcular**).

Caso os esforços da estrutura estejam calculados, no calculo da parede obtém-se as acções vinculadas, a partir das lajes, e as acções no coroamento. As acções vinculadas a partir da estrutura obtém-se das reacções produzidas nesses vínculos considerando as acções sobre a parede da seguinte forma:

- As acções permanentes e do peso próprio das lajes, consideram-se na fase construtiva.
- A envolvente das combinações do Estado Limite Último - E.L.U., com coeficientes de majoração iguais à unidade, das lajes, na fase de serviço.
- A envolvente das combinações do E.L.U., com coeficientes de majoração igual à unidade, dos pilares e diagonais no coroamento, na fase indicada na parede de contenção.

Caso os esforços da estrutura não estejam calculados, aparece uma mensagem de advertência:


Atención
Estructura NO calculada.
¿Desea calcular la(s) pantalla(s) de contención sin considerar las cargas procedentes de la estructura?
Sí
No

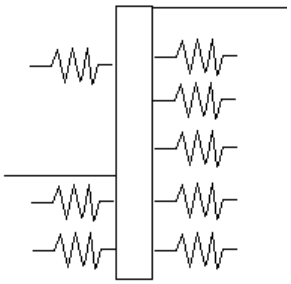
Caso pressionemos **Sim**, o programa continua a execução do cálculo das paredes de contenção sem ter em conta as acções provenientes da estrutura. Portanto, as acções sobre a parede de contenção que se tenham definido como vinculadas à estrutura, não se considerarão no calculo da parede de contenção. Recomenda-se a utilização desta opção somente nos casos em que o utilizador esteja completamente seguro das consecuencias do cálculo que vai realizar, uma vez que é muito provável que ao não considerar à totalidade das acções sobre a parede de contenção, os cálculos desta NÃO serão correctos.

Pressionando **Não** cancela-se o cálculo, devendo-se proceder previamente ao calculo de esforços da estrutura, para posteriormente regressar ao cálculo das paredes de contenção.

Calculo de esforços de cada parede de contenção

Bases gerais

O cálculo dos deslocamentos e rotações consiste na resolução do sistema de equações $K \cdot d = F$. Como hipótese de cálculo considera-se cada parede apoiada horizontalmente numa série de apoios *fictícios*, que simulam a influência tanto do terreno como das ancoragens, elementos auxiliares de travamento e lajes que venham a intervir em cada uma das fases de construção da parede de contenção.



Modelo de cálculo com apoios elásticos em cada ponto de apoio da parede de contenção

Todos os cálculos da parede de contenção realizam-se por metro de comprimento em planta da mesma, o que é tido em conta para o cálculo de inércias, coeficientes de balastro, forças actuantes, etc.

Para o comportamento do terreno utiliza-se um modelo elasto - plástico cujos ramos serão lineares para simplificar os cálculos, ainda que as pendentes para os impulsos activo e passivo sejam diferentes. Os coeficientes de balastro activo e passivo, bem como as características do terreno são estabelecidas pelo utilizador na definição dos terrenos em contacto com a parede de contenção.

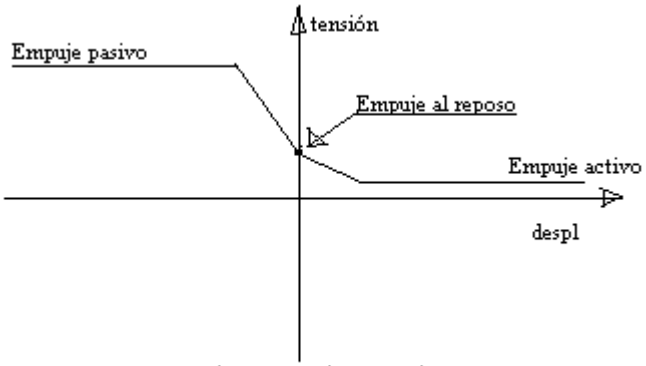


Diagrama de empujes

Os coeficientes de impulso ao repouso *Ko*, impulso activo *Ka* e de impulso passivo *Kp* calculam-se em função das características do terreno, de acordo com as seguinte fórmulas:

$$Ka = \left[\frac{\cos\phi}{\sqrt{\cos\delta} + \sqrt{\frac{sen(\delta+\phi)sen(\phi-i)}{\cos i}}} \right]^2$$

$$Kp = \left[\frac{\cos\phi}{\sqrt{\cos\delta} - \sqrt{\frac{sen(\delta+\phi)sen(\phi+i)}{\cos i}}} \right]^2$$

$$Ko = (1 - sen\phi)(1 + sen(i)) \cdot (R_{OC})^{½}$$

$$\sigma_a = K_a \sigma_v - 2c\sqrt{K_a}$$

$\sigma'_{ah} = \sigma'_a \cdot \cos(\delta)$

$\sigma'_{av} = -\sigma'_a \cdot \text{sen}(\delta)$

$\sigma_p = (K_p \sigma_v + 2c\sqrt{K_p}) \cdot \gamma_E$

$\sigma'_{ph} = \sigma'_p \cdot \cos(\delta)$

$\sigma'_{pv} = \sigma'_p \cdot \text{sen}(\delta)$

$\sigma'_O = K_O \cdot \sigma_v$

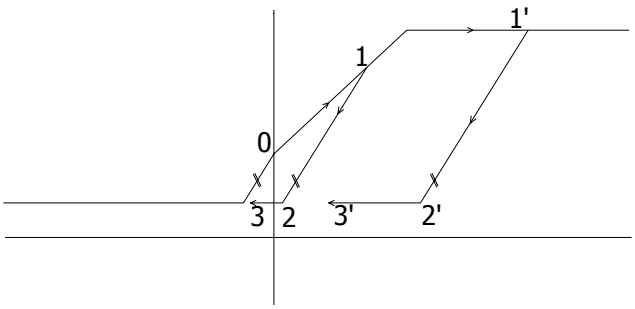
$\sigma'_{Oh} = \sigma'_O$

$\sigma'_{Ov} = \sigma'_O \cdot \tan(i)$

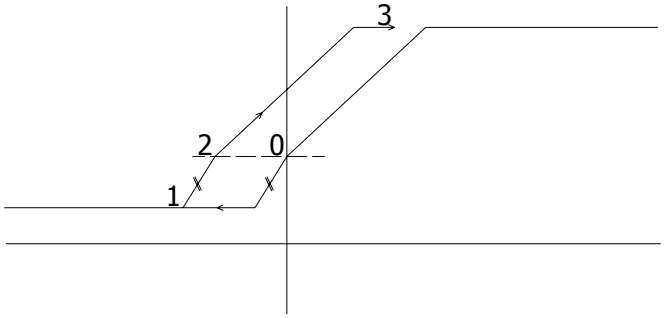
sendo

σ'v	Tensão efectiva vertical, de valor $\gamma' \cdot z$ (ou $\sum\gamma' \cdot z$ caso existam vários estratos)
γ'	Peso específico efectivo do terreno (densidade aparente acima do nivel freático ou densidade submersa abaixo dele)
z	Altura do ponto considerado relativamente à rasante do terreno na sua acometida ao muro
Ka	Coeficiente de impulso activo
Kp	Coeficiente de impulso passivo
Ko	Coeficiente de impulso em repouso. A fórmula empregue corresponde à recolhida pelo USACE (1989). Também existe uma referência a esta fórmula no Guide to Retaining Walls, del Geotechnical Engeneering Office de Hong Kong (capítulo 6) (Ver bibliografia).
ϕ	Ângulo de atrito interno
δ	Ângulo de atrito entre o muro e o terreno ou preenchimento
i	Inclinação do talude no tardós relativamente à horizontal
σa	Impulso activo. (σ'ah = parte horizontal; σ'av = parte vertical)
σp	Impulso passivo. (σ'ph = parte horizontal; σ'pv = parte vertical)
Roc	Razão da sobreconsolidação: Quociente entre a pressão efectiva de sobreconsolidação (máxima pressão efectiva que foi suportada num solo ao longo da sua história geológica) e a pressão efectiva actual. A fórmula não é válida para Roc > 25. No Tricalc, considera-se sempre de valor 1,00.

Recorre-se a um processo iterativo para chegar à situação de equilíbrio em cada fase, segundo um critério de convergência fixado que se define mais adiante. Dentro de cada fase considera-se que os pontos do terreno movem-se dentro do mesmo diagrama de impulsos, porém para passar de uma fase para outra tem-se em conta o processo de descarga nesse diagrama. Os resultados de cada fase guardam-se para serem utilizados na fase seguinte.



Caminhos de carga – descarga (0 → 1 → 2 → 3 y 0 → 1' → 2' → 3') para a lei de deslocamento – impulso



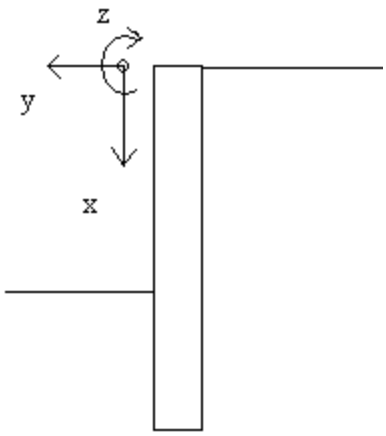
Caminhos de descarga – carga (0 → 1 → 2 → 3) para lei de deslocamento – impulso

Considera-se que, caso exista algum estrato de rocha, estará o mais profundo possível e a profundidade de escavação não pode exceder a desse estrato.

Discretização da parede de contenção

A parede de contenção modela-se como uma viga continua apoiada sobre apoios elásticos, dividida em troços de 10 cm com o que proporciona uma exactidão suficiente na totalidade dos casos estudados. Além desses pontos, existirão igualmente pontos em cotas obrigatórias, por serem pontos nos quais são necessários dados ao longo do processo, como por exemplo a posição das lajes, dos elementos auxiliares de travamento e ancoragens. Em qualquer caso a distância entre cotas será igual ou inferior a 10 cm. O apoio nas lajes considera-se a uma cota igual a metade da espessura da laje.

O critério de sinais utilizado nas listagens é o dos deslocamentos positivos no sentido tardós-intardós, de acordo com o seguinte esquema:



Critério de sinais utilizado em deslocamentos

Cálculo dos impulsos

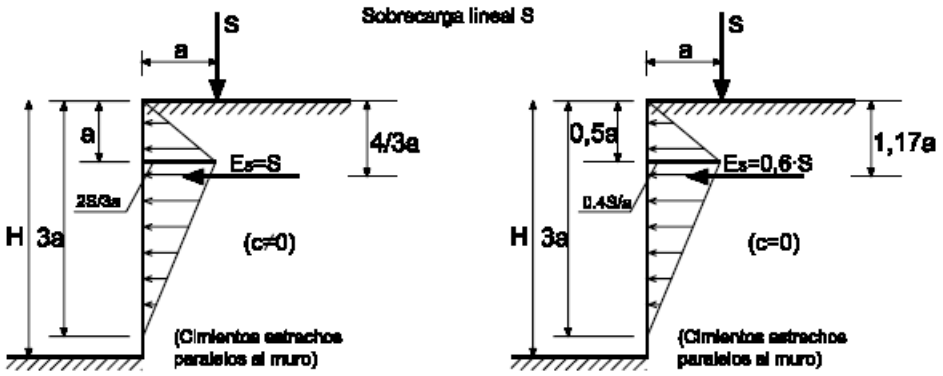
Uma vez calculadas as cotas ou pontos de cálculo, calculam-se os impulsos verticais que existam em cada uma das cotas, bem como os deslocamentos que marcam os limites entre os estados activo e passivo para cada cota. Calculam-se separadamente os impulsos no tardós e no intardós. Os impulsos verticais serão constantes dentro de uma mesma fase, diferentemente dos horizontais, que serão modificados ao longo das iterações, utilizando o diagrama de impulsos já comentado anteriormente.

Há que considerar que alguns pontos podem ser de mudança de estrato, com o que para igualdade de tensão vertical, existem diferentes tensões horizontais ao variar *Ko*, *Ka* e *Kp*. À tensão horizontal devida ao terreno, adiciona-se o impulso devido ao nível freático. No intradós, o nível freático considera-se sempre ao nível da escavação ou por debaixo dela, ainda que no tardós o nível freático esteja a uma cota mais elevada. Também se incluem as tensões horizontais devidas às sobrecargas, que se consideram existentes só no tardós.

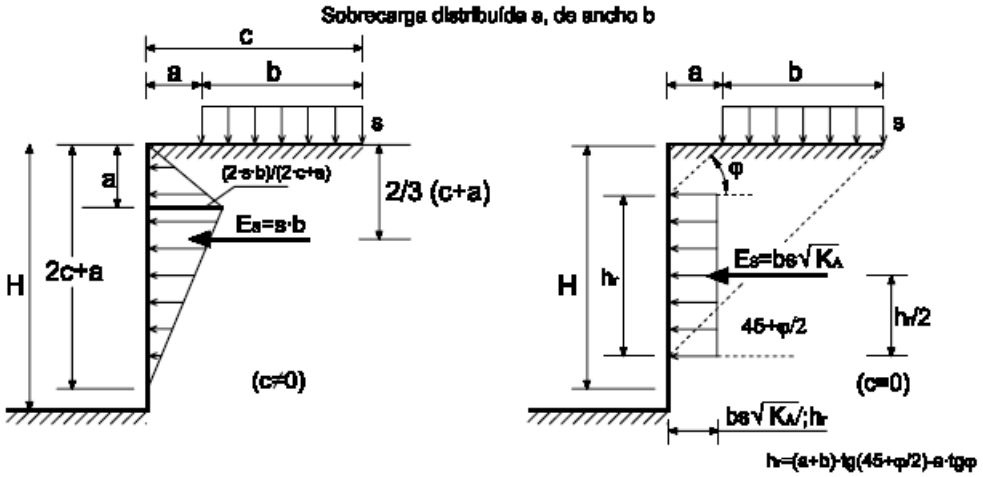
Para calcular estas últimas tensões podem-se seleccionar, na caixa de opções de cálculo de paredes de contenção, ou ainda as fórmulas existentes no 'Código Técnico de la Edificación (CTE-DB-SE-C), ou então as fórmulas de Boussinesq-Terzaghi. Os resultados obtidos utilizando umas ou outras fórmulas são diferentes; a opção por defeito é "fórmulas de Boussinesq-Terzaghi". As fórmulas de cada opção são as seguintes:

- Fórmulas de **CTE-DB-SE-C**: Para o cálculo dos impulsos horizontais que provocam as sobrecargas, tem-se em conta as fórmulas que se expoem no apartado 6.2.7 do DB SE-C.

  Para acções lineares:



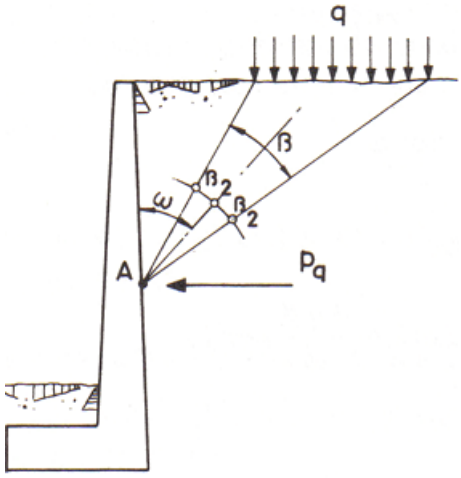
Para acções em banda e rectangulares:



e para acções superficiais considera-se um aumento do peso das terras igual à sobrecarga actuante.

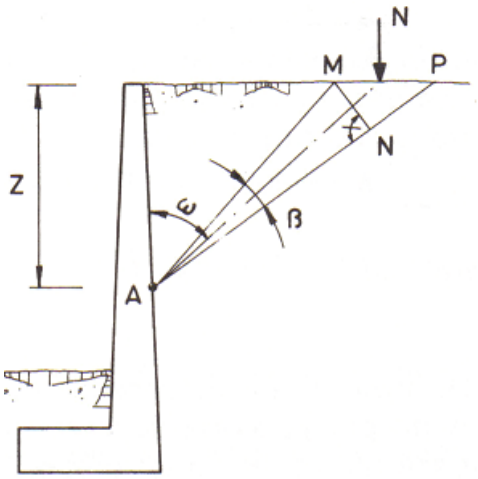
- Fórmulas de **BOUSSINESQ-TERZAGHI**

Acção em banda:



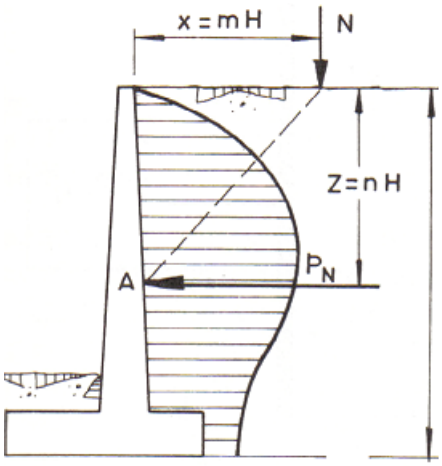
$$p_q = \frac{2q}{\pi}(\beta - sen\beta \cdot \cos 2\omega)$$

Acção linear:



$$p_q = \frac{q}{\pi \cdot z} sen^2 2\omega$$

Acção pontual:



Se m < 0,4:

$$p_q = 0{,}28\frac{q}{H^2}\frac{n^2}{(0{,}16+n^2)^3}$$

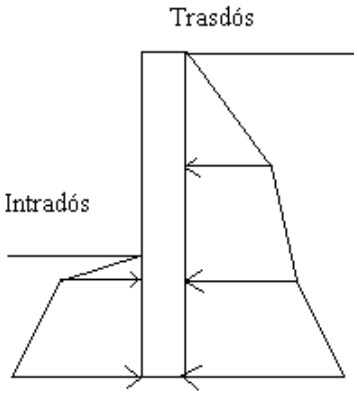
Se m >= 0,4:

$$p_q = 1{,}77\frac{q}{H^2}\frac{m^2n^2}{(m^2+n^2)^3}$$

Não se considera o efeito da distribuição em planta das acções rectangulares. Caso existam intercalados terrenos coesivos e não coesivos, e se escolhem as fórmulas de cálculo do CTE, ter-se-á em conta a fórmula correspondente a cada estrato.

Processo iterativo de cálculo

Realiza-se para cada fase de execução um proceso iterativo que se conclui ao conseguir entre uma iteração e a seguinte uma diferença entre os movimentos dos pontos suficientemente pequena. O critério de convergência é que entre duas iterações, a media da soma das diferenças de deslocamento seja inferior a 0,001 cm.



Enlace entre distintas fases

Para enlaçar uma fase com a seguinte é necessário *recordar* o ponto no qual finalizou a fase anterior. Uma vez obtidos os deslocamentos δ_{fin} de uma fase em todas as cotas que intervêm no cálculo, para cada ponto calcula-se uma tensão do terreno σ_{fin} a partir do gráfico dessa fase.

Para o cálculo do gráfico impulso-deformação da fase seguinte, considera-se tanto a alteração do valor do impulso passivo, activo e em repouso (por exemplo, porque se escavou em maior profundidade), como a posição em que se terminou na fase anterior.

Elementos auxiliares de travamento

Para considerar os elementos auxiliares de travamento utiliza-se um processo semelhante ao considerado para o terreno. Tem de se ter em conta a fase na qual se coloca o elemento auxiliar de travamento. Se numa mesma fase se coloca um elemento auxiliar de travamento e se escava, primeiro considera-se que se coloca o elemento auxiliar de travamento e seguidamente escava-se. Caso a parede de contenção se desloque para o intardós mais que no princípio dessa fase de colocação (ou seja, no final da fase anterior à colocação), a parede de contenção apoiar-se-á no elemento auxiliar de travamento. Caso se desloque no sentido do tardós, dependerá sempre da possibilidade do elemento auxiliar de travamento admitir tracções ou não (opção que se escolhe na sua definição), para que o elemento auxiliar de travamento receba tensões de tracção ou simplesmente se separe da parede de contenção.

Para o cálculo do efeito dos elementos auxiliares de travamento também se tem em conta as alterações térmica que podem suceder. Estabelecer-se-á as condições de cálculo para todas as fases. Considera-se que a força que tenha de se adicionar neste caso é:

$$F = \alpha \cdot L \cdot \Delta T \cdot K$$

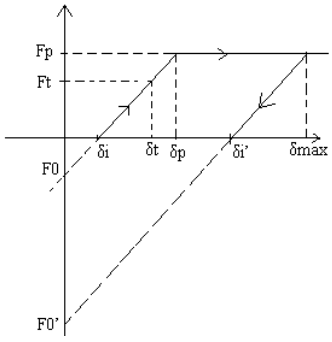
onde

α	coeficiente de dilatação do aço (por defeito 1,17 · 10-5 ºC-1), que se fixa nos dados do elemento auxiliar de travamento.
L	comprimento do elemento auxiliar de travamento.
ΔT	Incremento de temperatura.
K	Rigidez pontual.

Ancoragens

As ancoragens podem ser activas caso se lhes aplique uma tensão inicial, ou passivas sem tensão; além disso, há que considerar se existe ou não acção de plastificação do tirante. Os tirantes não admitem compressões.

Por exemplo, caso se considere a hipótese com acção de plastificação resulta um gráfico tensão – deformação desta forma:

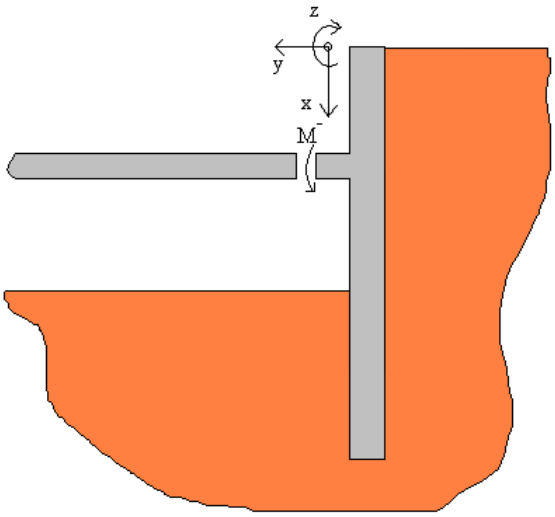


onde

F_p	Força de plastificação
F_t	Força de tensionamento
F_0	Força à Origem (nulo)
F_0'	Força na origem no caso em que tenha existido plastificação
δ_i	Ponto a partir do qual o cabo distende
δ_i'	Igual que ao anterior, porém para o caso em que tenha existido plastificação
δ_t	Deslocamento no momento do tensionamento
δ_{max}	Máximo deslocamento que o cabo teve ao longo da sua história tensional
δ_p	Mínimo deslocamento do cabo a partir do qual começa a primeira plastificação

Lajes

O tratamento das lajes é análogo ao dos elementos auxiliares de travamento, com a salvaguarda de que aqui se pode incluir o transverso (transmitido à parede de contenção como axial), e o momento transmitidos pela laje à parede de contenção, tanto na fase de construção como na fase de serviço. O critério de sinais que se segue é a de momentos negativos caso a face superior da laje esteja traccionada:



Acções no coroamento

Contempla-se também a possibilidade de se aplicarem acções no coroamento da parede de contenção. Pode existir acção horizontal, vertical e momento. Aplicam-se como acções nodais no extremo superior da parede de contenção. O critério de sinais utilizado é o mesmo e os seus valores virão dados por metro de largura de parede de contenção.

Cálculo do círculo de deslizamento

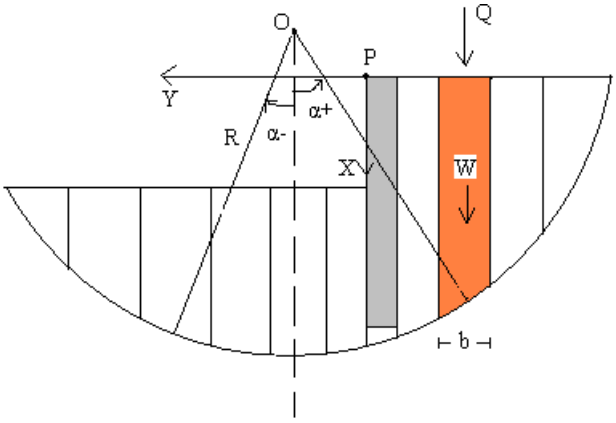
O objetivo deste cálculo é conseguir o factor de segurança mínimo que existirá para garantir a estabilidade global do conjunto frente a uma rotura circular do solo que abarque a parede de contenção. Só se calcula nas fases em que não existe nenhuma laje.

Utiliza-se o método de Bishop modificado, que considera o terreno dividido em faixas e equaciona um equilibrio de momentos. Considera-se como simplificação adicional, que as acções verticais entre faixas contiguas anulam-se. O factor de segurança é dado por:

$$F.S. = \frac{\sum Mestabilizantes}{\sum Mderrubantes}$$

Para cada parede de contenção pode obter-se o factor de segurança em cada fase no gráfico de paredes de contenção e na listagem de paredes de contenção.

A divisão em faixas realiza-se como indicado na figura:



A fórmula a que se chega é a seguinte:

$$FS = \frac{\sum \frac{cb + (W + Q - ub)\tan\phi}{m_i} + \frac{\sum Meq}{R}}{\sum W sen\alpha_i + \frac{\sum Md}{R}}$$, onde $m_i = \cos\alpha_i (1 + \frac{\tan\phi \tan\alpha}{FS})$;

sendo:

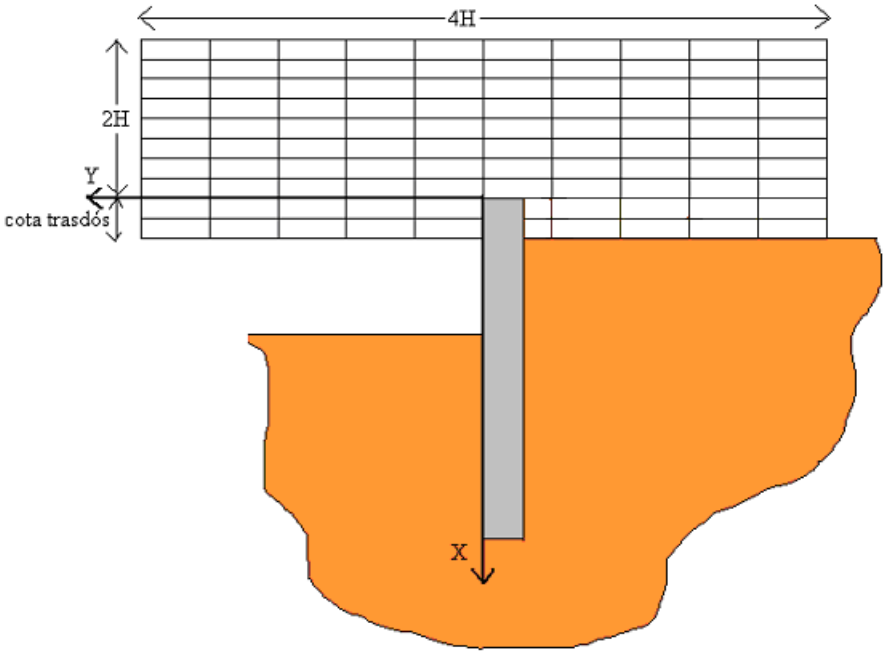
W	Peso da fatia. Caso parte da fatia esteja abaixo do nível freático ter-se-á em conta o seu peso submerso
Q	Sobrecarga actuante na fatia
b	Largura da fatia
c	Coesão
u	Sobrepressão de poros, considerada de valor nulo (a pressão da água é hidrostática)
α	Ângulo descrito na figura
R	Raio do círculo
Md	Restantes momentos derrubantes
FS	Factor de segurança

Há que ter em conta os seguintes pontos:

- Dado que a expressão *FS* está contida de forma implícita na fórmula é necessário resolver por aproximações. Considera-se que se chegou à solução quando a diferença entre um passo e o anterior for menor que 0,001.
- O ponto *P* é a origem de coordenadas relativamente ao qual se indicarão as coordenadas do centro do círculo. Esse centro sempre deverá estar acima do ponto de intersecção do círculo com o ponto de corte com o tardós.
- Os círculos que não impliquem desnível de terreno não serão considerados.
- Não se consideram os círculos que atravessam um estrato de rocha.
- Os círculos de deslizamento não cortarão a parede de contenção, uma vez que não seria possível a continuidade da forma de rotura devido à maior rigidez da parede de contenção.
- É necessário ser prudente com os valores que assume *α*, caso assuma valores negativos elevados, a simplificação que se utiliza relativa às acções entre as franjas contiguas deixa de ter validade. Para ter em consideração esse aspecto só se considera para o cálculo as faixas que cumpram:

$$1+\frac{\tan\phi\cdot\tan\alpha}{FS}\geq 0{,}10$$

Realiza-se uma avaliação de possíveis centros de modo iterativo numa zona de largura 4H, conforme a figura, na qual H é a altura da escavação:

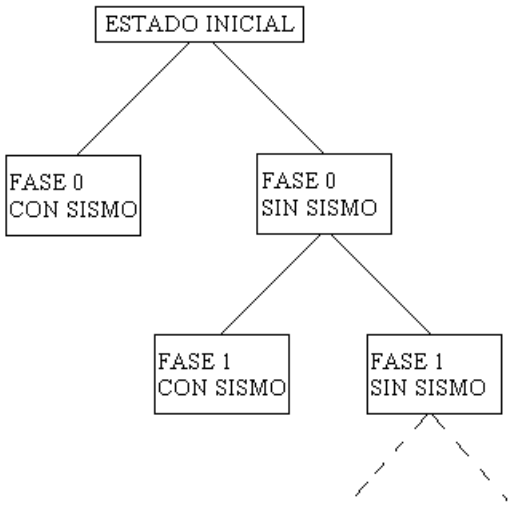


São considerados os elementos auxiliares de travamento no equilibrio total. Os tirantes consideram-se abarcados completamente pelo círculo que se calcula, uma vez que é a hipótese mais desfavorável. Na prática, o bolbo dos tirantes deverá estar fora do círculo.

Nas fases em que existem lajes não se calcula o círculo de deslizamento por se considerar que o conjunto tem rigidez suficiente para não falhar desta forma.

Cálculo sísmico

Para o cálculo sísmico toma-se como base a fase anterior finalizada sem sismo e realiza-se uma nova *subfase* em que se tomam em com ta os coeficientes sísmicos que correspondam. O que se reflecte nos resultados é a influência de um movimento sísmico em uma determinada fase (inclusive em pleno processo de execução da parede).



Os mencionados coeficientes são aplicados para majorar as tensões existentes no tardós. Os dados de tensões e deslocamentos finais para realizar o cálculo recolhem-se da correspondente matriz de resultados do cálculo *sem temperatura/sem sismo* ou então *com temperatura/sem sismo*. Existe uma excepção no cálculo no que refere à norma chilena, que em lugar de considerar uma majoração por um coeficiente, o que faz é adicionar um determinado valor ao que já existe.

Também se têm em conta os movimentos sísmicos no calculo do círculo de deslizamento. O calculo realiza-se de forma pseudo - estática, que consiste em considerar um impulso horizontal derrubante, que será igual ao coeficiente sísmico correspondente multiplicado pelo peso da fatia que se considere. Da mesma forma que no caso anterior, existe a excepção da norma chilena, porém aqui resolvido de forma diferente. Assim, considera-se um coeficiente de majoração fictício, resultado da seguinte operação:

$$factSis = (T1 + T2)/T1$$

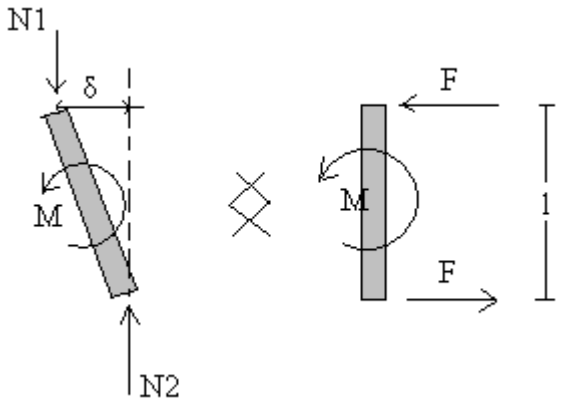
onde

T1	Resultante das tensões do tardós
T2	Resultante das tensões que teríamos que adicionar com a Norma chilena

Com o factor resultante, calculam-se todas as faixas como no caso das restantes normas e regulamentos.

Cálculo de 2ª ordem

O programa inclui um cálculo de segunda ordem real da parede de contenção. Pode-se considerar, de forma opcional, que nas sucessivas iterações dentro do cálculo de uma fase, se incluam os efeitos dos axiais em cada elemento de discretização da parede. Calcula-se o momento que se irá gerar devido à diferença de movimentos entre o extremo superior do elemento e a parte inferior, e adicionam-se ao vector de forças nodais as forças horizontais que provocariam um momento da mesma magnitude que o provocado pela excentricidade dos axiais. O processo realiza-se num único *buckle* de iterações.



Par de forças equivalente

Conforme se pode observar na figura superior, as forças a adicionar em cada extremo de cada elemento são representadas por F e o seu valor é:

$$F = \frac{(N_1 + N_2)\delta}{2l}$$

Cálculo da armadura de paredes de contenção contínuas de betão

Estas paredes de contenção são constituídas por módulos betonados e armados de forma independente, com juntas macho-fêmea para garantir uma maior estanquicidade e um certo comportamento conjunto no plano horizontal.

Cada módulo comporta-se estruturalmente como um pilar submetido à flexão no plano perpendicular à parede de contenção e, de forma opcional, também a um axial (ou seja, à flexo - compressão). Portanto, caso a opção de calculo **Dimensionar só à flexão simples** estiver activada, o axial que possa existir não será tido em conta para a armadura da parede. O axial de compressão costuma possuir efeito favorável (proporciona uma menor armadura e uma menor fissuração) pelo que alguns autores sugerem, por segurança, não o ter em conta para o dimensionamento (armadura) da parede de contenção. Além do referido, parte do axial que é suportado pela parede de contenção transmite-se ao terreno por atrito lateral.

O programa supõe sempre que a junta macho-fêmea é de forma semi - circular, pelo que, para efeitos resistentes, só se terá em consideração o betão e o aço situado na zona raiada da figura seguinte:

Armadura Longitudinal

Tricalc calcula a armadura longitudinal da parede com base nos esforços calculados em todas e cada uma das fases (construtivas e de serviço) da parede de contenção. Caso existam elementos auxiliares de travamento e se tenha definido nas opções um incremento / decremento da temperatura a ter em consideração, consideram-se os esforços considerados para ambos os casos de alteração de temperatura. Mesmo assim, se nas opções de acções do programa se activou a consideração da acção

sísmica, ter-se-ão também em conta os esforços com ou sem sismo. Não se utiliza a envolvente de esforços de todas as fases, casos de temperatura e sismo, porque para secções flexo - comprimidas, esta situação não estaria do lado da segurança.

Para os estados limite últimos, estes esforços majoram-se de acordo com as opções fixadas pelo utilizador, tendo em conta que as situações sísmicas têm o seu próprio coeficiente de segurança.

A armadura longitudinal (vertical) está formada por uma armadura base (contínua em toda a altura da parede) mais, se for necessário, reforços. O utilizador pode fixar que percentagem da área de aço necessária deve ser coberta pela armadura base. Desta forma podem-se chegar a soluções de armadura que vão desde só armadura base (com mais kilos de aço, mas com processo construtivo mais facilitado) até armadura base mínima e maior número de reforços (que implica uma maior economia de aço).

A consideração da armadura comprimida na resistência da secção é opcional. Normalmente não deve ser considerada, pois não conta com a armadura transversal (estribos) que a unam à armadura traccionada necessária por norma para assim evitar a sua possível encurvadura.

A armadura de reforços, para se conseguir uma execução mais simples, coloca-se de forma a que exista um ou dois varões de reforço em todas e cada uma das aberturas da armadura base. Ou seja, se a armadura base está formada por N varões verticais, poderão existir $(N - 1)$ ou $2 \cdot (N - 1)$ varões de reforço numa secção.

A comprovação da fissuração é opcional. Caso se realize a comprovação, é opcional se pretendemos que o programa aumente a armadura longitudinal até que a comprovação da fissuração seja satisfatória.

Em qualquer caso cumprem-se as disposições da norma seleccionada referentes a quantias mínimas e máximas bem como distâncias mínimas e máximas.

Armadura secundária

A armadura secundária é horizontal e está formada por estribos que rodeiam toda a secção. Além de cumprir com a quantia mínima correspondente à armadura horizontal de muros, esta armadura terá uma quantia não menor que 20% da quantia da armadura base vertical de tarsdós e intradós.

Outras armaduras

O programa também coloca e dimensiona as seguintes armaduras auxiliares, que não contribuem para a resistência da parede de contenção porém são necessárias por razões construtivas:

- Armadura vertical das laterais da parede, constituída por varões de diâmetro igual ao menor da armadura base vertical de tardós e intardós separados pela separação máxima permitida pela parede de contenção.
- Rigidificadores horizontais e verticais, cuja missão é garantir a correcta posição da armadura resistente durante a sua colocação e posterior betonagem da parede de contenção.

Comprovação ao transverso

Por razões construtivas, não se podem colocar estribos ou cercos que unam o tardós e o intardós da parede de contenção a uma distância tal que permita considerá-los para a resistência ao transverso da secção. Para esse efeito, o transverso deve ser resistido exclusivamente pelo betão.

Nas normas e regulamentos, como a EHE de Espanha, nas quais a resistência ao transverso do betão vem em função, entre outros factores, da armadura vertical de tracção, o programa aumentará esta última caso seja necessário.

Os máximos transversos da parede de contenção produzem-se geralmente na posição dos elementos de apoio (elementos auxiliares de travamento, ancorangens e lajes). Estes, tratam-se como os apoios das vigas de betão: comprova-se que o transverso produzido na face do apoio (que coincide com o seu valor máximo) não esgota as bielas comprimidas de betão, e comprova-se que o transverso produzido a partir de uma determinada distância do apoio (uma altura útil no caso da norma espanhola EHE) não esgota a secção por tracção na alma.

Cálculo da armadura de paredes de estacas

O dimensionamento da armadura das estacas realiza-se de forma similar à das paredes contínuas de betão, excepto nos seguintes aspectos:

- A armadura resistente é constante em toda a altura da estaca: não existem reforços nas zonas limitadas da estaca.
- A armadura transversal (formada por estribos circulares fechados ou armadura helicoidal continua) cumpre os requisitos da norma para poder ser considerada a efeitos de comprovação ao transverso e para impedir a encurvadura local dos varões longitudinais comprimidos, pelo que neste caso, ***Tricalc*** considera sempre a armadura longitudinal comprimida para avaliar a resistência da parede de contenção.

Recordamos que as estacas betonadas in-situ que formam parte de um elemento de fundação de um pilar, trabalham fundamentalmente ao axial com pouca flexão, pelo que é habitual que a sua armadura não cubra todo o comprimento da estaca (o Código Técnico da Edificação - CTE DB-SE-C de Espanha, exige simplesmente que a armadura alcance uma profundidade não menor que 6 metros nem menor que 9 diâmetros). No entanto, as estacas que formam uma parede de contenção trabalham fundamentalmente à flexão, com momentos e transversos elevados incluindo na zona mais inferior da estaca, pelo que é **imprescindível** que a armadura calculada alcance a totalidade da estaca.

Comprovação de paredes de estacas prancha metálicas

Estas paredes são formadas por uma série de elementos que se cravam no terreno por golpeamento e que se unem aos elementos já cravados por algum mecanismo (junta macho-fêmea, por exemplo) que garanta uma certa estanquicidade. Os elementos que formam a parede de contenção podem seleccionar-se da base de dados 'ProfilARBED' ou a partir de qualquer perfil da base de dados do programa.

O programa ***Tricalc*** comprova a resistência das estacas prancha de aço estrutural que se definam. Caso se crie uma parede de estacas prancha com um perfil que não seja de aço (de madeira, por exemplo), não se realizará nenhuma comprovação sobre a sua resistência, ainda que o resultado dos deslocamentos e esforços seja perfeitamente válido.

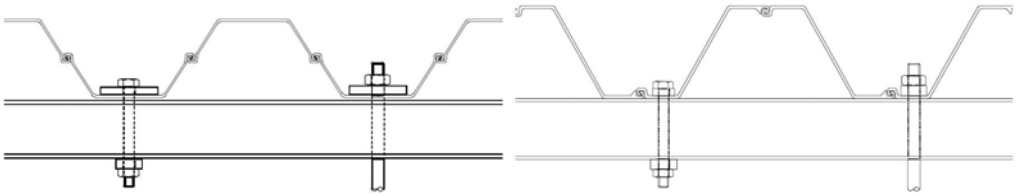
Os esforços de dimensionamento obtêm-se multiplicando os seus valores característicos por um coeficiente de majoração definido nas opções, que pode ser diferente para as situações permanentes ou transitórias e para as situações sísmicas.

A comprovação realiza-se do mesmo modo que para uma viga, diagonal ou um pilar de aço, de acordo com a norma seleccionada (CTE DB SE-A, por exemplo), ainda que com as seguintes salvaguardas:

- O que para barras são combinações de acções, para estacas prancha são as distintas fases construtivas, a consideração ou não de alterações de temperatura en elementos auxiliares de travamento e a consideração ou não das acções sísmicas.
- Como no caso das paredes de contenção contínuas de betão ou de estacas, só se analiza a flexão no plano perpendicular à parede de contenção.

- É opcional a consideração do esforço axial. Ao contrário das paredes de contenção contínuas de betão ou de estacas, o axial de compressão não costuma ser favorável para o dimensionamento das estacas prancha, pelo que considerá-lo no cálculo estará do lado da segurança.
- Não se considera a flexão lateral, dado que a própria parede de contenção impede a flexão no seu plano.
- Não se comprova a esbelteza nem se realiza a comprovação à encurvadura. No seu lugar, a instabilidade lateral estuda-se através de uma análise de segunda ordem, caso assim se indique nas opções. Este método, presente em quase todas as normas e regulamentos de estruturas de aço (incluindo o CTE DB SE-A e o Eurocódigo 3), é mais exacto e quase o único possível de utilizar neste tipo de elementos, onde não é fácil fixar um critério para determinar o comprimento de encurvadura, por exemplo.
- A encurvadura da alma por transverso é sempre verificada: não é opcional como nas vigas. Também não se permite a utilização de rigidificadores da alma, que são impossíveis de colocar numa parede de contenção.

O programa não comprova possíveis problemas locais próprios das paredes de estacas prancha. Um exemplo é o problema de 'punçoamento' e a excentricidade originada pela colocação de ancoragens como as indicadas na seguinte figura:

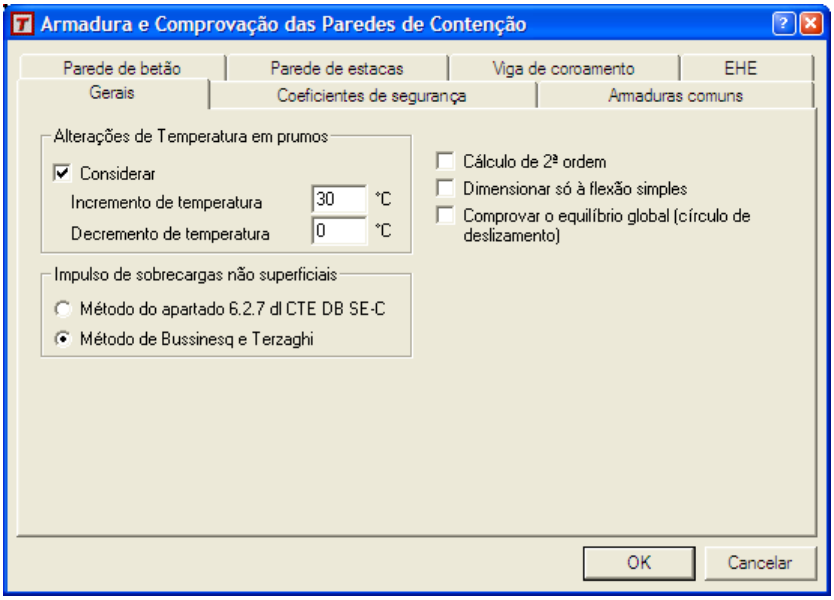


Utilizam-se perfis em "**U**" da base de dados **profilARBED**, sendo importante, para garantir a resistência ao transverso e flexão, que as peças do intardós e tardós estando solidariamente unidas de forma a que se impeça o seu deslizamento relativo ao longo da junta mediante um *conector* ('crimping') a distâncias regulares, tal como especifique o fabricante.

Opções de cálculo

A função **Cálculo>Paredes de contenção>Opções...** permite fixar as opções de cálculo para todas as paredes de contenção

Opções *Gerais*



Alterações de Temperatura nos elementos auxiliares de travamento

Pode fixar-se um valor em graus centígrados (ºC) de incremento (valor positivo) e de decremento (valor negativo) da temperatura que afecta o cálculo dos elementos auxiliares de travamento. Caso se considerem incrementos ou decrementos produz-se uma dilatação do elemento auxiliar de travamento e por conseguinte uma compressão ou tracção da parede de contenção.

Impulso de sobrecargas não superficiais

Permite-se a selecção de 2 tipos de fórmulas para o cálculo do impulso de acções pontuais sobre a parede de contenção. A formulação utilizada em cada opção está no apartado "Cálculo de impulsos" deste capítulo. As opções são **CTE-DB-SE-C** e **Método de Bussinesq e Terzaghi**.

Cálculo de 2º ordem

A activação desta verificação permite realizar um cálculo da parede de contenção de 2ª ordem real, segundo as hipóteses do apartado "Cálculo de 2ª ordem" deste capítulo.

Dimensionar só à flexão simples

Esta opção permite não ter em conta o esforço axial vertical na parede para o calculo da armadura de paredes de contenção de betão e estacas, e na comprovação das estacas prancha metálicas. Por defeito está desactivado realizando-se a comprovação à flexo - compressão. Remete-se para a parte de conceitos para ampliar os casos nos que há que activar esta opção.

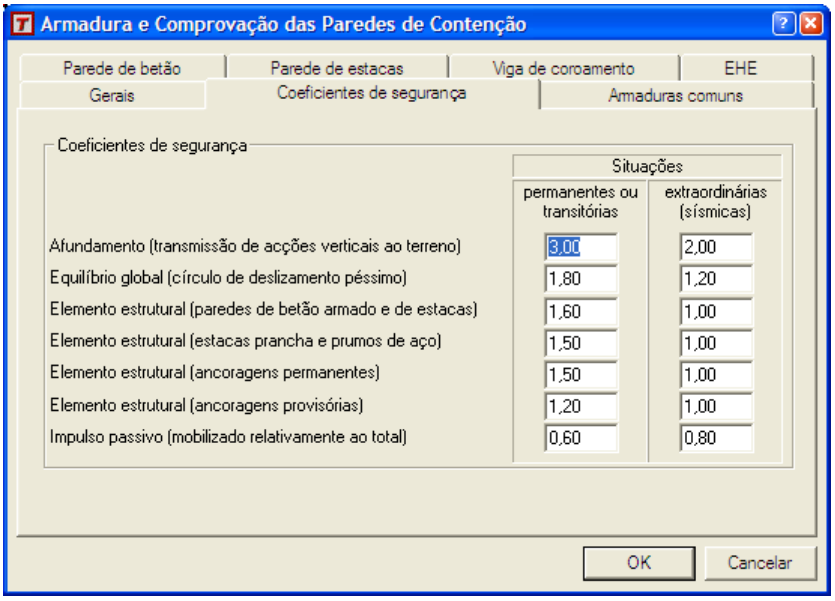
Esta opção não interfere com o **Cálculo de 2º ordem**: para o cálculo de deslocamentos e esforços da parede de contenção de 2º ordem tem-se sempre em consideração o axial existente, ainda que posteriormente não se considere este mesmo axial para a armadura ou comprovação estrutural da própria parede quando se active a função **Dimensionar só à flexão simples**.

Comprovar o equilíbrio global. Círculo de deslizamento

Realiza-se a comprovação do **Círculo de deslizamento** conforme mencionado no apartado correspondente neste capítulo.

Opções *Coeficientes de Segurança*

Neste separador fixam-se os valores dos diferentes coeficientes em duas situações: Permanentes ou transitórias, e em extraordinárias - sísmicas. Os valores por defeito são os indicados na Norma espanhola CTE DB-SE-C.

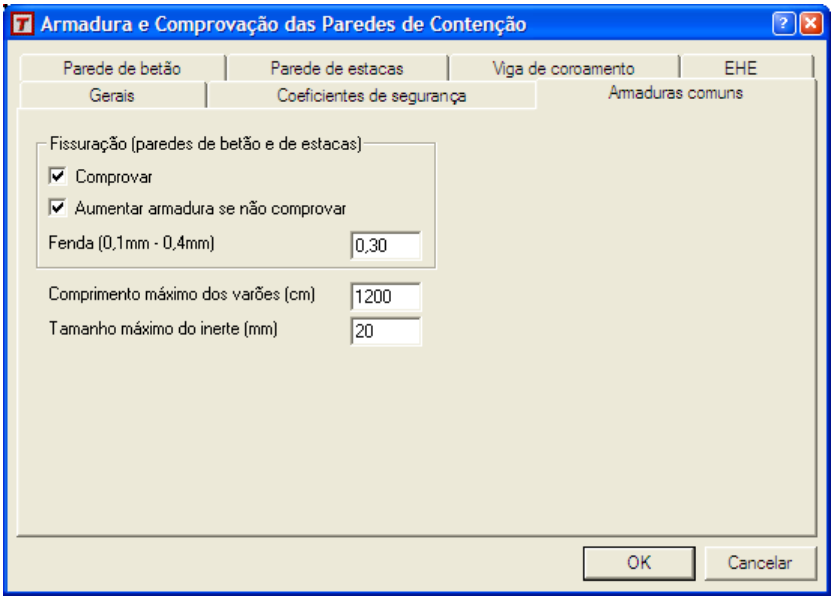

Armadura e Comprovação das Paredes de Contenção
Parede de betão
Parede de estacas
Viga de coroamento
EHE
Gerais
Coeficientes de segurança
Armaduras comuns
Coeficientes de segurança
Situações
permanentes ou transitórias
extraordinárias (sísmicas)
Afundamento (transmissão de acções verticais ao terreno) 3,00 2,00
Equilíbrio global (círculo de deslizamento péssimo) 1,80 1,20
Elemento estrutural (paredes de betão armado e de estacas) 1,60 1,00
Elemento estrutural (estacas prancha e prumos de aço) 1,50 1,00
Elemento estrutural (ancoragens permanentes) 1,50 1,00
Elemento estrutural (ancoragens provisórias) 1,20 1,00
Impulso passivo (mobilizado relativamente ao total) 0,60 0,80
OK
Cancelar

- **Afundamento (transmissão de acções verticais)**, estes coeficientes são utilizados para a comprovação em que as acções verticais que descem pela parede de contenção não afundam a parede de contenção no terreno, na sua parte inferior.
- **Equilíbrio global (círculo de deslizamento péssimo),** estes coeficientes utilizam-se para fixar o critério de validação da relação entre momentos estabilizantes e destabilizantes no cálculo do círculo de deslizamento.
- **Elemento estrutural (paredes de betão armado e de estacas),** estes coeficientes majoram os esforços para obter a armadura das paredes de contenção de betão e estacas, incluindo a viga de coroamento.
- **Elemento estrutural (estacas prancha e elementos de travamento de aço)**, estes coeficientes majoram os esforços para obter a comprovação das paredes de estacas prancha. Afectam igualmente, ao majorar, o esforço de cálculo do elemento de travamento na listagem da parede de contenção.

- **Elemento estrutural (ancoragens permanentes),** estes coeficientes majoram os esforços da ancoragem permanente que aparece na listagem de paredes de contenção.
- **Elemento estrutural (ancoragens provisórias),** estes coeficientes têm a mesma finalidade dos anteriores, porém aplicados às ancoragens provisórias.
- **Impulso passivo (mobilizado relativamente ao total)**, estes coeficientes afectam a relação entre o impulso mobilizado passivo e o impulso passivo teórico, devendo-se cumprir que o impulso mobilizado passivo não pode superar este coeficiente multiplicado pelo impulso passivo teórico o máximo.

Opções *Comuns de Armaduras*

Neste separador fixam-se as opções comuns para o dimensionamento (armadura) das paredes de contenção, de betão.,. e de estacas.



Fissuração

Pode-se activar ou desactivar a comprovação da fissuração das paredes de contenção. No caso de solicitar a comprovação da fissuração, fixa-se o valor da largura máxima da fissura. A opção **Aumentar armadura se não verifica** permite que o programa tente que a largura da fissura máxima se reduza até o valor especificado aumentando a armadura. A comprovação da fissuração dá como resultado maiores quantías de armaduras. No se realiza la comprobación de fisuración en la viga de coronación.

Comprimento máximo dos varões (cm)

Este valor de comprimento utiliza-se para desenhar as armaduras verticais das paredes resistentes, e de emenda para não exceder este limite de comprimento.

Tamanho máximo do inerte (mm)

Opção relativa à granulometria do material utilizado na betonagem das paredes de contenções.

Opções *Parede de contenção de Abril*

Neste separador incluem-se opções para a armadura das paredes de contenção de betão.

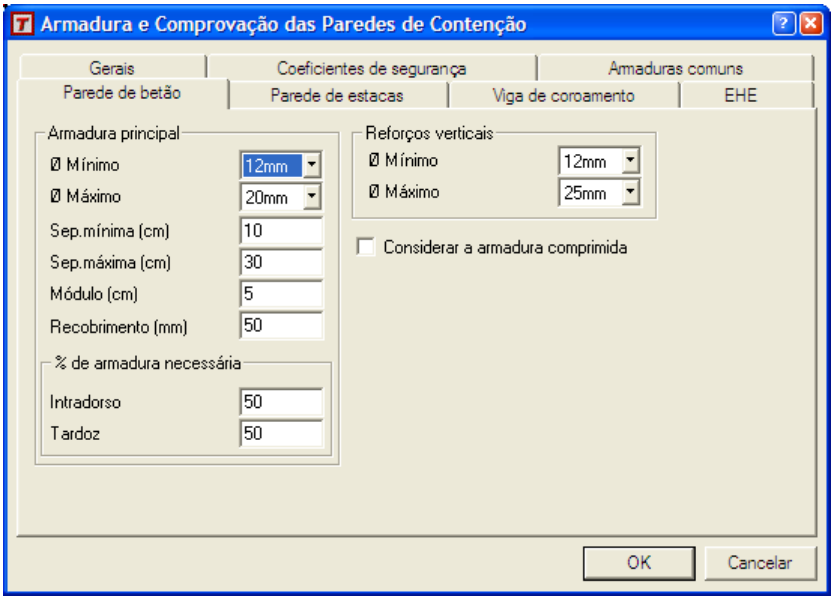
No grupo **Armadura principal** localizam-se as opções que afectam a armadura principal ou de montagem das paredes de contenção **Ø Mínimo** e **Ø Máximo**, são os diâmetros mínimo e máximo que terão as seguintes armaduras longitudinais.

Afast. mínimo(cm) Afast.máximo(cm), são os valores dos afastamentos entre as armaduras.

Módulo(cm), é o valor do passo de aumento do afastamento entre armaduras longitudinais.

Recobrimento (mm), valor do recobrimento das armaduras verticais a considerar no cálculo.

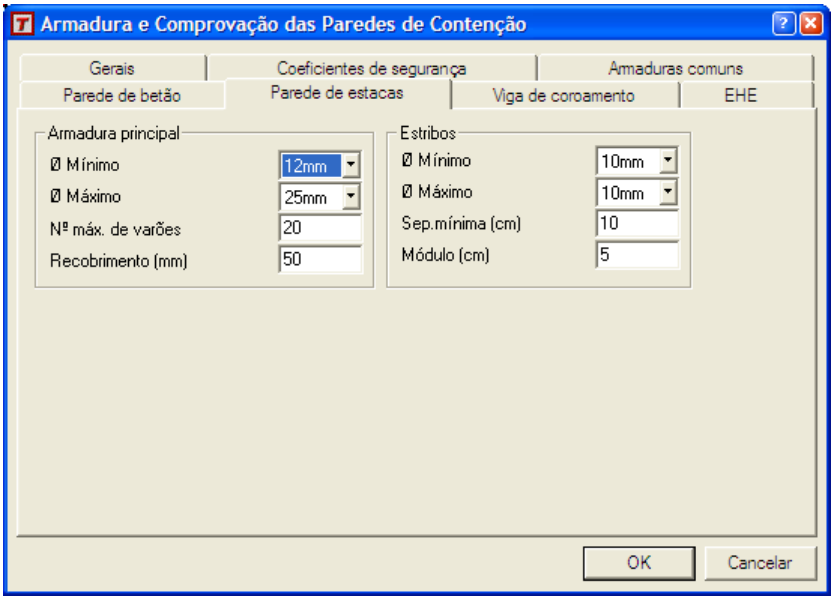
No grupo de opções **% da armadura necessária**, fixam-se as percentagens de áreas de armadura no tardós e no intardós que será resistido pela armadura principal. Valores baixos destas percentagens originam armaduras com menos armadura principal (de montagem) e com mais reforços, aproveitando maelhor a área de aço colocada. Valores altos destas percentagens, dão valores mais altos de armadura de montagem com menos reforços. Esta opção deve ser utilizada para modificar a relação de quantias entre armadura principal e reforços e optimizar a armadura. A comprovação da fissuração obriga a aumentar a armadura.



Considerar a armadura comprimida. Esta opção permite considerar ou não a armadura vertical comprimida. Ver a parte de hipóteses de cálculo da armadura deste capítulo.

Opções *Paredes de estacas*

As opções existentes para paredes de estacas são:



No grupo **Armadura Principal**:

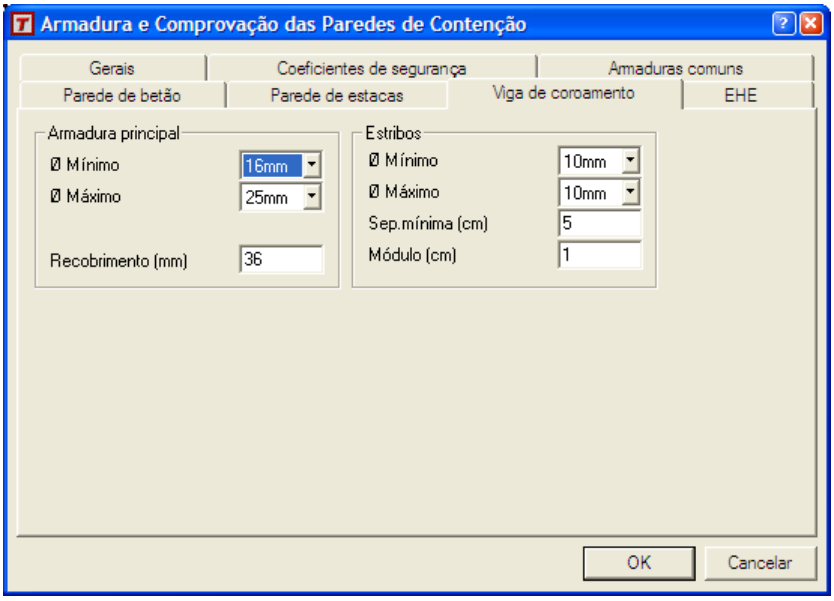
Ø Mínimo e **Ø Máximo**	são os diâmetros mínimo e máximo que terão as armaduras das estacas.
Nº máx. de varões	é o máximo número de varões a utilizar em cada estaca circular.
Recobrimento (mm)	valor do recobrimento das armaduras a considerar no cálculo.

No grupo **Estribos**:

Ø Mínimo e **Ø Máximo**	são os diâmetros mínimo e máximo que terão os estribos das estacas.
Afast. mínimo(cm)	é o valor do afastamento mínimo entre as armaduras.
Módulo(cm)	é o passo do valor do afastamento entre armaduras longitudinais.

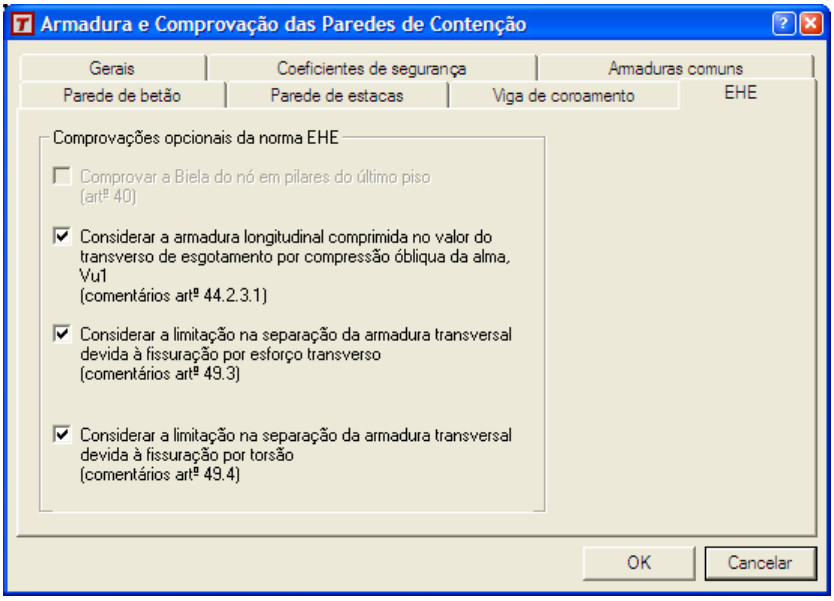
Opções *Viga de coroamento*

As opções existentes para as vigas de coroamento das paredes resistentes estão incluidas neste separador. O seu significado é o mesmo anteriormente comentado no apartado **Parede Contenção de Betão**. As vigas de coroamento só têm armadura principal ou de montagem, sem reforços.



Opções *EHE*

As opções deste separador são iguais às existentes nas opções de armadura de barras da estrutura, pelo que se remete para o capítulo correspondente no manual. São aplicáveis quando a norma seleccionada utiliza a Norma EHE.


Armadura e Comprovação das Paredes de Contenção
Gerais
Coeficientes de segurança
Armaduras comuns
Parede de betão
Parede de estacas
Viga de coroamento
EHE
Comprovações opcionais da norma EHE
Comprovar a Biela do nó em pilares do último piso (artº 40)
Considerar a armadura longitudinal comprimida no valor do transverso de esgotamento por compressão óbliqua da alma, Vu1 (comentários artº 44.2.3.1)
Considerar a limitação na separação da armadura transversal devida à fissuração por esforço transverso (comentários artº 49.3)
Considerar a limitação na separação da armadura transversal devida à fissuração por torsão (comentários artº 49.4)
OK
Cancelar

Armadura da viga de coroamento

A viga de coroamento tem a mesma largura que a parede e a sua altura e armadura serão as necessárias para resistir aos esforços aos quais esteja submetida bem como os devidos a razões construtivas.

Em todo o caso, a armadura da viga cumprirá todos os requisitos de qualquer viga que indique a norma ou regulamentação de betão armado seleccionada, tais como afastamentos mínimos e máximos, quantias mínimas e máximas, etc.

As vigas de atado servem para enlaçar os painéis de betão ou as estacas que conformam a parede de contenção, alojando no seu interior as armaduras salientes desses painéis e estacas. No seu interior também se alojam as esperas necessárias para os pilares que nasçam da parede de contenção. Portanto a sua altura será não menor que o necessário para ancorar, por prolongamento recto à compressão, a armadura vertical da parede.

A armadura desta viga deve resistir às acções verticais e horizontais que a solicitem. O programa calcula ambas as situações por separado, somando as armaduras necessárias em cada caso.

Acções verticais a considerar

Como critério de falha, avalia-se a possibilidade de que falhe um de cada dois módulos ou estacas da parede de contenção e, que no centro do vão resultante, se situe (caso exista) o suporte que maior axial vertical transmita à parede de contenção. Dado que não se pode prever que módulo ou estaca falhará, a armadura resultante será continua ao longo de toda a viga de coroamento.

Ou seja, estuda-se uma viga bi - encastrada com a seguinte luz **L**:

- No caso de paredes de contenção contínuas de betão, $\mathbf{L = L_m + t}$; sendo $\mathbf{L_m}$ o comprimento de um módulo de parede de contenção e **t** a espessura da mesma.
- No caso de paredes de estacas, $\mathbf{L = 2 \cdot s}$; sendo **s** o afastamento entre eixos de estacas.

Essa viga será solicitada por uma acção contínua **q** e uma acção vertical **P**, de valor: a acção continua **q** será a soma das acções verticais no coroamento (definidas na parede de contenção) não vinculadas à estrutura. A acção vertical **P** será o axial vertical máximo transmitido pelos pilares que nasçam da parede de contenção, sempre que existam acções verticais no coroamento vinculadas à parede de contenção.

Para o cálculo do momento de dimensionamento, o programa assume uma plastificação de 15%, relativamente aos momentos de encastramento perfeito. Este momento toma-se como o momento de dimensionamento tanto a momentos positivos como negativos, resultando a viga com a mesma armadura superior e inferior.

Para o cálculo do transverso de dimensionamento, tem-se em conta que o transverso calculado no eixo do apoio utiliza-se para comprovar o esgotamento por compressão obliqua da alma, enquanto que o transverso calculado a uma determinada distância da face de apoio (uma altura útil, no caso da norma espanhola EHE, por exemplo) utiliza-se para o dimensionamento da armadura transversal e para comprovar o esgotamento do betão por tracção na alma.

Acções horizontais a considerar

A viga de coroamento costuma utilizar-se também para aí colocar estruturas auxiliares de travamento ou ancoragens, quer sejam provisórias ou permanentes. Caso existam ancoragens ou estruturas auxiliares de travamento aí definidas, o programa estuda a viga como uma viga contínua apoiada nas estruturas auxiliares de travamento ou ancoragens e submetida a uma acção contínua horizontal que equilibre a

máxima acção em projecção horizontal à que se submeta as ancoragens ou as estruturas auxiliares de travamento ao longo das fases construtivas ou de serviço da parede de contenção.

Logicamente, caso se confie a esta viga a transmissão da acção de ancoragens e estruturas auxiliares de travamento a todos os elementos da parede de contenção (módulos ou estacas), deverá betonar-se completamente com antecedência suficiente à data de entrada em carga das referidas ancoragens e estruturas auxiliares de travamento.

Por simplificação, o programa dimensiona esta armadura como contínua ao longo de toda a viga, e de igual valor em ambas as faces.

Funções do menu de *Cálculo* referentes a paredes de contenção

Aparece um novo submenu **Cálculo>Paredes de contenção** com as seguintes funções:

- Novas funções **Calcular Todas** e **Calcular Plano**, com funcionamento equivalente ao das funções do mesmo nome do submenu **Calculo>Paredes Resistentes**.

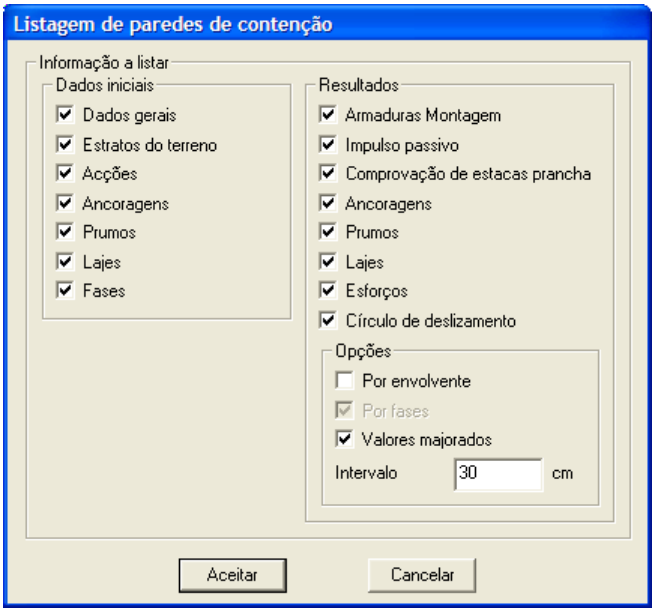
Gráfico de Erros, *Listagem de Erros* e *Ver Erros*

Funções com funcionamento idêntico ao das funções equivalentes de outros módulos do programa.

Saídas de Resultados

Listagens

A função **Resultados>Listagens>Listagem de paredes de contenção**, permite obter toda a informação necessária para justificar o cálculo de cada parede de contenção. A informação pode filtrar-se em diferentes grupos de dados



Dados gerais

Mostram-se os dados gerais da parede de contenção: materiais, geometria... Exemplo:

PLANO UD5-EJ9. PAREDE DE CONTENÇÃO 5_9_A
DADOS GERAIS

TipologIa: Parede de betão	
Densidade do material (t/m3)	*2,55*
Módulo de Young (kg/cm2)	*278005,9*
Coeficiente de Poisson	*0,1500*
Espessura (cm)	*100*
Comprimento do módulo de betão (cm)	*500*
Cota superior	*0*
Cota da rasante	*0*
Cota de escavação	*-2000*
Encastramento (cm)	*1560*
Altura da viga de coroamento (cm)	*60*
Número de módulos	*0,0*

Estratos do Terreno

Mostram-se os dados dos estratos definidos para o cálculo da parede de contenção. Exemplo:

TERRENO

Considera-se a existência de nível freático.

Cota do nível freático	*-800*
Densidade da água (t/m3)	*1,00*
Ângulo de inclinação do terreno (graus)	*20*

ESTRATOS DO TERRENO

Estrato 1. Areia Semidensa. Terreno
Estrato 2. Areia argilosa. Terreno

	Estrato 1	***Estrato 2***
Cota superior (cm)	*0*	*-800*
Cota inferior (cm)	*-800*	
Densidade seca (t/m3)	*1,48*	*1,78*
Densidade aparente (t/m3)	*1,60*	*1,60*
Densidade submergida (t/m3)	*1,10*	*0,90*
Coesão aparente (t/m2)	*0,00*	*0,30*
Resistência à compressão simples (t/m2)	*1121,65*	*1529,52*
Ângulo de atrito interno (graus)	*24,00*	*28,00*
Ângulo de atrito terreno-fundação (graus)	*5,00*	*5,50*
Coeficiente de atrito fundação-terreno	*0,09*	*0,10*
Coeficiente de balastro vertical placa 30x30 (kg/cm3)	*6,12*	*4,59*
Coeficiente de balastro horizontal, impulso activo (kg/cm3)	*5,00*	*5,00*
Coeficiente de balastro horizontal, impulso passivo (kg/cm3)	*5,00*	*5,00*
Gradiente de K com a profundidade (Kg/cm3 / m)	*0,00*	*0,00*

Acções

Mostram-se as acções definidas no tardós da parede de contenção. Os tipos podem ser rectangular, linear, superficial, pontual... Exemplo:

ACÇÕES No TARDÓS

Tipo	***Valor***	***Situação***	***Distância(cm)***	***Largura(cm)***	***Comprimento(cm)***	***Fase de entrada en carga***
Superficial	1000 Kg/m²	Em superfície				Fase 11. Fase de serviço

Ancoragens

Dados referentes às ancoragens definidos nas etapas de escavação. Exemplo:

ANCORAGENS

Cota da ancoragem	*0*	*-142*	*-344*	*-546*
Rigidez axial (Kg/cm)	*1,00e+005*	*1,00e+005*	*1,00e+005*	*1,00e+005*
Afastamento (cm)	*100*	*100*	*100*	*100*
Ângulo da ancoragem (graus)	*0*	*0*	*0*	*0*
Acção de tensão inicial (Kg)	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*
Fase de execução	*Fase 1*	*Fase 1*	*Fase 2*	*Fase 3*

Fases

Dados referentes a cada fase com o seu texto descritivo.

FASES

Fase 1. Escavação no intardós até à cota -200.
Colocação de ancoragem na cota 0. Colocação de ancoragem na cota -142
Fase 2. Escavação no intardós até à cota -400. Colocação de ancoragem na cota -344
Fase 3. Escavação no intardós até à cota -600. Colocação de ancoragem na cota -546
Fase 4. Escavação no intardós até à cota -800. Colocação de ancoragem na cota -748
Fase 5. Escavação no intardós até à cota -1000. Colocação de ancoragem na cota -947
Fase 6. Escavação no intardós até à cota -1200. Colocação de ancoragem na cota -1142

```
Fase 7. Escavação no intardós até à cota -1400. Colocação de ancoragem na cota -1350
Fase 8. Escavação no intardós até à cota -1600. Colocação de ancoragem na cota -1546
Fase 9. Escavação no intardós até à cota -1800. Colocação de ancoragem na cota -1748
Fase 10. Escavação no intardós até à cota -2000. Colocação de ancoragem na cota –1950
Fase 11. Fase de serviço
```

Armaduras

Incluem-se as armaduras em cada módulo da parede de contenção de betão e em cada parede de estacas. Descreve-se a armadura base, os reforços, as armaduras nos extremos do módulo, os rigidificadores verticais e horizontais e os valores da fissura máxima no tardós e intardós. Também se inclui a armadura da viga de coroamento, constituida por uma armadura longitudinal constante.

ARMADURAS POR MÓDULO

```
Armadura base vertical no intardós          ø25s10 (1200; 1200; 1200; 514+66P) L. Emenda = 188
Armadura base vertical no tardós            ø25s10 (1200; 1200; 1200; 514+66P) L. Emenda = 188
Reforço vertical no intardós                    ø25s10 (1200; 1078) L. Emenda = 188. Distância ao
coroamento 990
Reforço vertical no tardós                  ø25s10 (930). Distância ao coroamento 960
Armadura vertical no extremo convexo        5ø25 (1200; 1200; 1200; 514+66P) L. Emenda = 188
Armadura vertical no extremo côncavo        5ø25 (1200; 1200; 1200; 514+66P) L. Emenda = 188
Armadura horizontal                         350ø12s10
Rigificadores verticais                     2x3ø25 (1119; 1058; 1058; 1058; 664)
Rigificadores horizontais                   2xø25s397 (760)
Fissura no tardós                           0,25 mm (< 0,30)
Fissura no intradós                         0,27 mm (< 0,30)
```

ARMADURAS DA VIGA DE COROAMENTO

```
Armadura de montagem superior     4ø12 (30P+493+30P)
Armadura de montagem inferior     4ø12 (21P+493+21P)
Armadura de pele                  4ø12 (493)
Armadura transversal              1eø10s15
```

Impulsos

Descreve-se para cada fase os valores da relação do impulso passivo mobilizado relativamente ao total.

IMPULSO PASSIVO (MOBILIZADO RELATIVAMENTE AO TOTAL)

```
Sem sismo; Fase 1. Escavação no intardós até à cota -200. Colo ..  0,18 (< 0,60)
Sem sismo; Fase 2. Escavação no intardós até à cota -400. Colo ..  0,21 (< 0,60)
Sem sismo; Fase 3. Escavação no intardós até à cota -600. Colo ..  0,25 (< 0,60)
Sem sismo; Fase 4. Escavação no intardós até à cota -800. Colo ..  0,30 (< 0,60)
Sem sismo; Fase 5. Escavação no intardós até à cota -1000. Col ..  0,36 (< 0,60)
Sem sismo; Fase 6. Escavação no intardós até à cota -1200. Col ..  0,43 (< 0,60)
Sem sismo; Fase 7. Escavação no intardós até à cota -1600. Col ..  0,61 (> 0,60)***
Sem sismo; Fase 9. Escavação no intardós até à cota -1800. Col ..  0,73 (> 0,60)***
Sem sismo; Fase 10. Escavação no intardós até à cota -2000. Co ..  0,87 (> 0,60)***
Sem sismo; Fase 11. Fase de serviço                                0,88 (> 0,60)***
```

Ancoragens

Para cada uma das ancoragens e para cada uma das fases definem-se os esforços sobre a ancoragem na sua directriz (coluna "Inclinada") e nas suas projecções horizontal (coluna "Horizontal") e vertical (coluna "Vertical"). Os esforços listam-se por metro linear de parede de contenção (acção linear) e para cada ancoragem (acção pontual).

RESULTADOS DE ANCORAGENS. SEM SISMO. VALORES MAJORADOS

Cota da ancoragem: 0 cm (1,20)

Fase		Horizontal	Vertical	Inclinada
Fase 1. Escavação no intardós até à cota -2 ..	Acção linear	-0,000 T/ml	-0,000 T/ml	-0,000 T/ml
Acção pontual -0,000 T -0,000 T -0,000 T				
Fase 2. Escavação no intardós até à cota -4 ..	Acção linear	-2,069 T/ml	-0,000 T/ml	-2,069 T/ml
Acção pontual -2,069 T -0,000 T -2,069 T				
Fase 3. Escavação no intardós até à cota -6 ..	Acção linear	-2,537 T/ml	-0,000 T/ml	-2,537 T/ml
Acção pontual -2,537 T -0,000 T -2,537 T				
Fase 4. Escavação no intardós até à cota -8 ..	Acção linear	-1,270 T/ml	-0,000 T/ml	-1,270 T/ml
Acção pontual -1,270 T -0,000 T -1,270 T				
Fase 5. Escavação no intardós até à cota -1 ..	Acção linear	0,000 T/ml	0,000 T/ml	0,000 T/ml
Acção pontual 0,000 T 0,000 T 0,000 T				
Fase 6. Escavação no intardós até à cota -1 ..	Acção linear	0,000 T/ml	0,000 T/ml	0,000 T/ml
Acção pontual 0,000 T 0,000 T 0,000 T				
Fase 7. Escavação no intardós até à cota -1 ..	Acção linear	0,000 T/ml	0,000 T/ml	0,000 T/ml
Acção pontual 0,000 T 0,000 T 0,000 T				
Fase 8. Escavação no intardós até à cota -1 ..	Acção linear	0,000 T/ml	0,000 T/ml	0,000 T/ml
Acção pontual 0,000 T 0,000 T 0,000 T				
Fase 9. Escavação no intardós até à cota -1 ..	Acção linear	0,000 T/ml	0,000 T/ml	0,000 T/ml
Acção pontual 0,000 T 0,000 T 0,000 T				
Fase 10. Escavação no intardós até à cota - ..	Acção linear	0,000 T/ml	0,000 T/ml	0,000 T/ml
Acção pontual 0,000 T 0,000 T 0,000 T				
Fase 11. Fase de servicio	Acção linear	0,000 T/ml	0,000 T/ml	0,000 T/ml
Carga puntual 0,000 T 0,000 T 0,000 T				

Cota de ancoragem: -142 cm (1,20)

Fase		Horizontal	Vertical	Inclinada
Fase 1. Escavação no intardós até à cota -2 ..	Acção linear	-0,000 T/ml	-0,000 T/ml	-0,000 T/ml
Acção puntual -0,000 T -0,000 T -0,000 T				
Fase 2. Escavação no intardós até à cota -4 ..	Acção linear	-2,886 T/ml	-0,000 T/ml	-2,886 T/ml
Acção puntual -2,886 T -0,000 T -2,886 T				
Fase 3. Escavação no intardós até à cota -6 ..	Acção linear	-5,329 T/ml	-0,000 T/ml	-5,329 T/ml
Acção puntual -5,329 T -0,000 T -5,329 T				
Fase 4 Escavação no intardós até à cota -8 ..	Acção linear	-6,444 T/ml	-0,000 T/ml	-6,444 T/ml
Acção puntual -6,444 T -0,000 T -6,444 T				
Fase 5. Escavação no intardós até à cota -1 ..	Acção linear	-5,766 T/ml	-0,000 T/ml	-5,766 T/ml
Acção puntual -5,766 T -0,000 T -5,766 T				
Fase 6. Escavação no intardós até à cota -1 ..	Acção linear	-4,075 T/ml	-0,000 T/ml	-4,075 T/ml
Acção puntual -4,075 T -0,000 T -4,075 T				
Fase 7. Escavação no intardós até à cota -1 ..	Acção linear	-2,976 T/ml	-0,000 T/ml	-2,976 T/ml
Acção puntual -2,976 T -0,000 T -2,976 T				
Fase 8. Escavação no intardós até à cota -1 ..	Acção linear	-2,739 T/ml	-0,000 T/ml	-2,739 T/ml
Acção puntual -2,739 T -0,000 T -2,739 T				
Fase 9. Escavação no intardós até à cota -1 ..	Acção linear	-3,017 T/ml	-0,000 T/ml	-3,017 T/ml
Acção puntual -3,017 T -0,000 T -3,017 T				
Fase 10. Escavação no intardós até à cota - ..	Acção linear	-3,467 T/ml	-0,000 T/ml	-3,467 T/ml
Acção puntual -3,467 T -0,000 T -3,467 T				
Fase 11. Fase de serviço	Acção lineal	-3,525 T/ml	-0,000 T/ml	-3,525 T/ml
	Acção puntual	-3,525 T	-0,000 T	-3,525 T

Esforços e deslocamentos

Listam-se os valores dos deslocamentos e esforços de cada parede de contenção para diferentes cotas, bem como os valores máximos e mínimos e a cota na qual se produzem.

RESULTADOS DE ESFORÇOS POR FASES. SEM SISMO. VALORES MAJORADOS(1,60)

Fase 1. EScavação no intardós até à cota -200. Colocação de ancoragem na cota 0. Colo ..

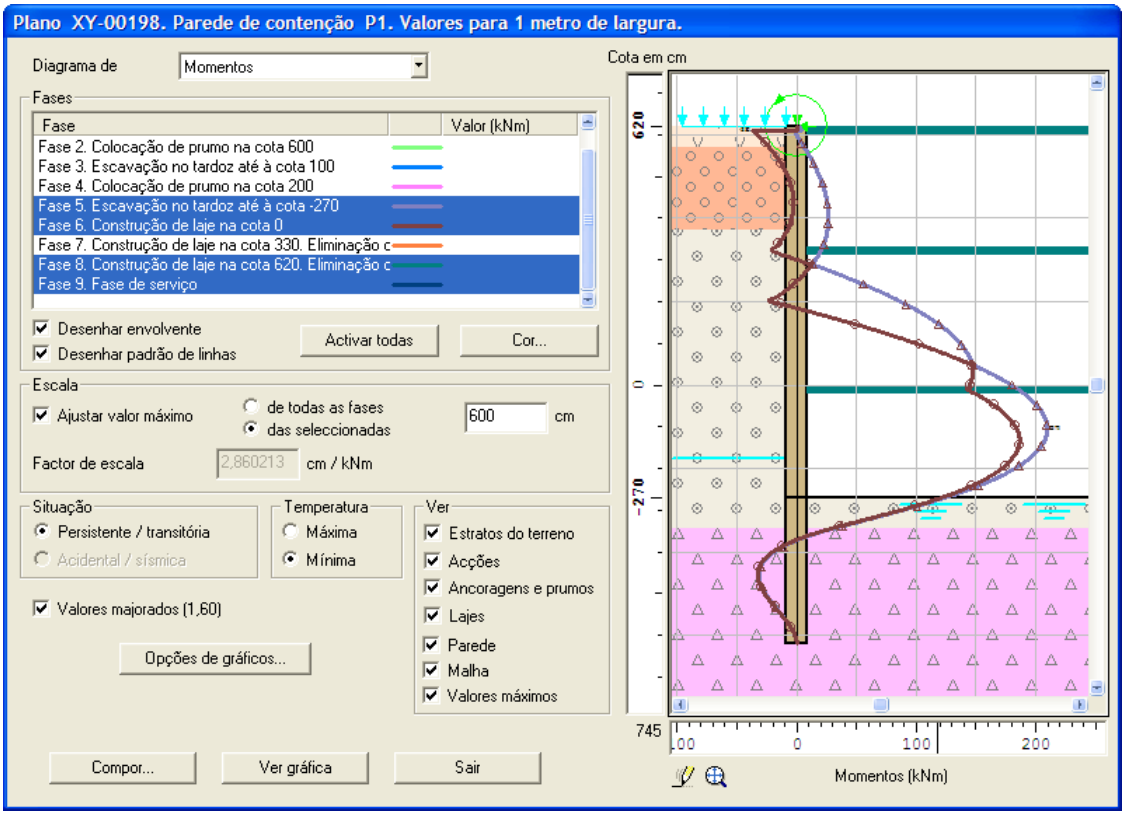
Cota cm	Deslocamentos cm	Momentos mT/m	Transversos T/m	Axiais T/m	Pressões terreno T/m2
0	0,135	0,000	0,000	0,000	0,000
-11	0,133	-0,000	0,011	0,448	0,166
-41	0,127	-0,017	0,129	1,662	0,618
-71	0,122	-0,089	0,382	2,864	1,071
-101	0,116	-0,258	0,772	4,053	1,524
-131	0,111	-0,563	1,281	5,232	1,976
-142	0,109	-0,719	1,511	5,661	2,142
-156	0,106	-0,953	1,838	6,204	2,353
-186	0,101	-1,616	2,612	7,361	2,806
-200	0,098	-2,011	3,035	7,896	3,017
-212	0,096	-2,391	3,284	8,361	1,597

-242	0,091	-3,403	3,280	9,589	-1,596
-272	0,086	-4,303	2,745	10,857	-1,647
-302	0,081	-5,054	2,264	12,123	-1,554
-332	0,076	-5,664	1,815	13,387	-1,470
-344	0,074	-5,871	1,648	13,892	-1,440
-357	0,072	-6,071	1,447	14,438	-1,409
-387	0,068	-6,442	1,030	15,699	-1,347
-400	0,066	-6,566	0,856	16,244	-1,324
-413	0,064	-6,664	0,683	16,789	-1,303
-443	0,060	-6,811	0,295	18,047	-1,264
-473	0,057	-6,842	-0,085	19,304	-1,238
-503	0,053	-6,764	-0,439	20,560	-1,226
-533	0,050	-6,574	-0,781	21,813	-0,934
-546	0,049	-6,468	-0,901	22,353	-0,807
-558	0,048	-6,352	-0,983	22,850	-0,693
.....					
-2810	0,027	-0,006	-0,001	114,660	-0,009
-2840	0,027	-0,006	-0,002	115,884	-0,008
-2870	0,027	-0,006	-0,002	117,109	-0,008
-2900	0,027	-0,005	-0,002	118,333	-0,008
-2930	0,027	-0,005	-0,002	119,557	-0,008
-2960	0,027	-0,004	-0,002	120,781	-0,008
-2990	0,027	-0,003	-0,002	122,006	-0,008
-3020	0,027	-0,003	-0,002	123,230	-0,008
-3050	0,027	-0,002	-0,002	124,454	-0,008
-3080	0,027	-0,002	-0,002	125,678	-0,008
-3110	0,027	-0,002	-0,001	126,903	-0,008
-3140	0,027	-0,001	-0,001	128,127	-0,008
-3170	0,027	-0,001	-0,001	129,351	-0,008
-3200	0,027	-0,000	-0,001	130,575	-0,008
-3230	0,027	0,000	-0,001	131,799	-0,008
-3260	0,027	0,000	-0,001	133,024	-0,008
-3290	0,027	0,001	-0,001	134,248	-0,008
-3320	0,027	0,001	-0,001	135,472	-0,008
-3350	0,027	0,001	-0,001	136,696	-0,008
-3380	0,027	0,002	-0,001	137,921	-0,008
-3410	0,027	0,002	-0,001	139,145	-0,008
-3440	0,027	0,002	-0,001	140,369	-0,008
-3470	0,027	0,002	-0,000	141,593	-0,008
-3500	0,027	0,002	-0,000	142,817	-0,008
-3530	0,027	0,002	-0,000	144,042	-0,008
-3560	0,027	0,002	-0,000	145,266	-0,008
Mínimo	0,025	-6,845	-1,253	0,000	-1,731
Cota	-1212 cm	-466 cm	-641 cm	0 cm	-247 cm
Máximo	0,135	0,174	3,384	145,266	3,038
Cota	0 cm	-1699 cm	-229 cm	-3560 cm	-199 cm

Gráficos

Função *Gráfico de paredes de contenção*

A função **Resultados>Gráficos>Paredes de Contenção** permite obter a representação gráfica dos esforços e deslocamentos de cada parede de contenção, para cada uma das fases para a envolvente. É possível obter os gráficos directamente no modelo 3D, ou em uma janela bidimensional que se cria numa caixa de definição de opções para estes gráficos. O utilizador seleccionará a parede de contenção da qual quer ver o gráfico e em seguida aparecerá a seguinte caixa de diálogo:



- **Gráfico de**, permite seleccionar os diferentes tipos de gráficos: **Deslocamentos**, **Momentos** flectores no plano perpendicular à parede de contenção, **Transversos**, **Axiais**, **Pressões do terreno** e **Círculo de deslizamento**. O tipo de gráfico representado exibe-se debaixo da janela.
- **Fases**, podemos seleccionar a fase que se quer representar. Cada uma das fases tem uma cor atribuída por defeito que pode alterar-se com o botão **Cor...**. Permite-se a selecção múltipla para seleccionar várias fases de forma simultânea. A opção **Activar todas** permite seleccionar todas as fases. Para cada um dos tipos de gráficos desenha-se o seu valor actual no local onde se tenha situado o cursor; no caso do círculo de deslizamento representa-se o factor de segurança.
- **Desenhar envolvente**, permite desenhar só os gráficos envolventes no tardós e no intardós da parede de contenção. A diferença entre esta opção e **Activar todas** é que nesta opção só se desenha uma curva em cada lado da parede de contenção e com a opção **Activar todas** representam-se as curvas de todas as fases.
- **Desenhar padrão de linhas**, adiciona-se à linha de cada fase uma representação símbolica para melhor interpretação.

No grupo **Escala** encontram-se as opções:

- **Ajustar valor máximo** que utiliza uma escala automática das fases seleccionadas ou de todas consoante a opção seleccionada. O valor máximo fixado está em unidades de longitude. Caso prefira fixar uma escala de representação, pode-se fixar o valor em cm/XX, sendo XX as unidades do tipo de gráfico a representar (**cm** para os deslocamentos, **T** ou **kN** para os transversos...). Esta opção é alternativa de **Ajustar valor máximo**.

A opção **Situação** pode ter os valores **Persistente/Transitória** ou **Acidental/Sísmica**; este último valor pode seleccionar-se quando se considerou cálculo com sismo na estrutura.

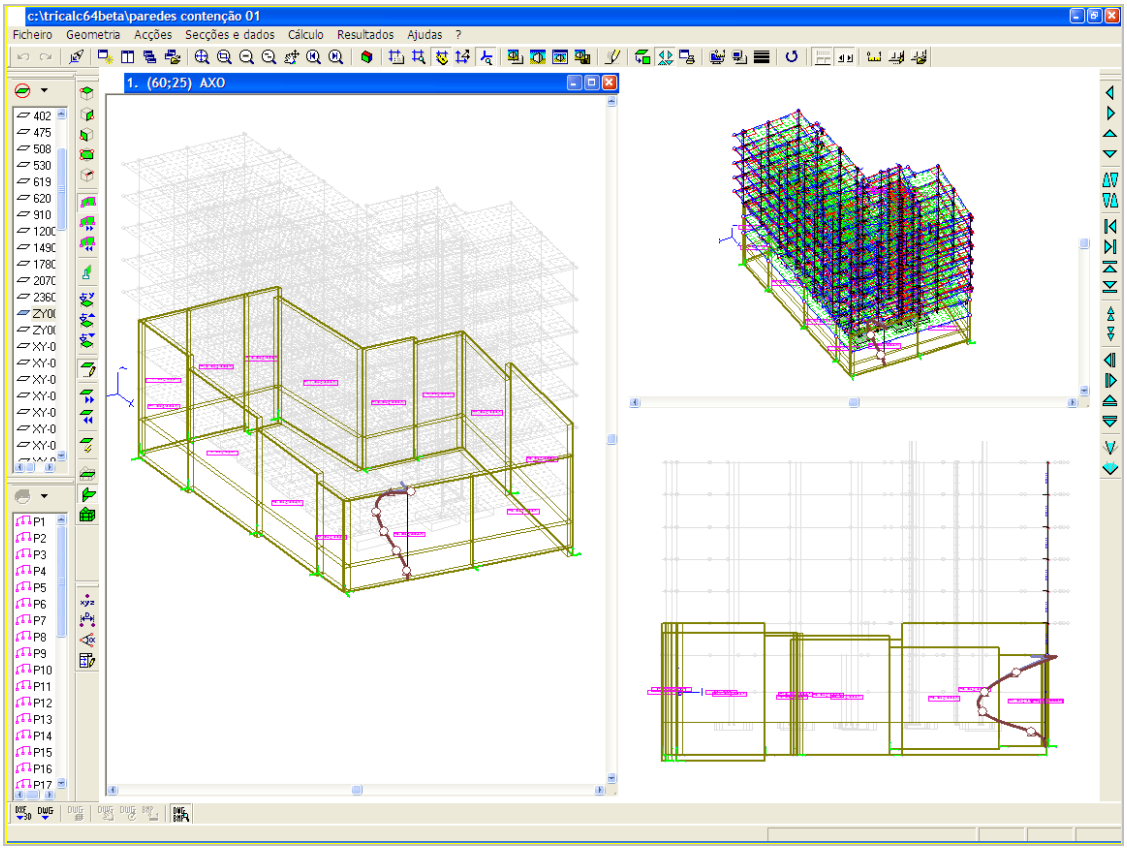
A opção **Temperatura** pode ter os valores **Máxima** ou **Mínima** e pode-se seleccionar quando existem acções de temperatura definidas nas estruturas auxiliares de travamento da parede de contenção. A opção **Máxima** mostra o gráfico com o valor de dilatação correspondente ao incremento de temperatura definido nas estruturas auxiliares de travamento e a opção **Mínima** exibe o gráfico correspondente ao decremento da temperatura.

No grupo de opções **Ver** pode filtrar-se o conteúdo da janela gráfica activando ou desactivando **Estratos do terreno**, **Acções**, **Ancoragens e estruturas**, **Lajes**, **Parede de Contenção**, **Malha** e **Valores máximos**.

A opção **Valores majorados** permite definir um coeficiente de majoração que se multiplica por todos os valores de todos os tipos de gráficos excepto o círculo de deslizamento".

A opção **Compor** permite passar o actual desenho da janela para uma folha de composição, por exemplo, um plano contendo os diferentes gráficos por fases. As folhas de composição têm as opções de escala que se fixam na função **Resultados>Gráficos>Opções...** à qual se acede desde esta caixa pressionando o botão **Opções de Gráficos**.

A opção **Ver gráfico** permite desenhar em 3D o gráfico da parede seleccionada junto com os restantes elementos da estrutura e com o sistema de visualização activo (planos activos, modo **Múltiplos Planos** activos...). Esta capacidade permite verificar o comportamento da parede de contenção relativamente à estrutura.

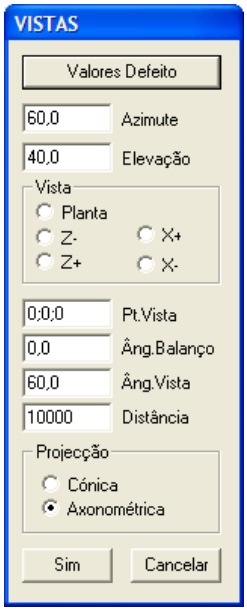


Composição de gráficos de paredes em planos

Nos planos de composição pode introduzir-se:

- **Gráficos 2D das paredes de contenção**, dos tipos e opções definidos na caixa de diálogo. Para estes gráficos utiliza-se o botão **Compor**.
- **Gráficos 3D das paredes de contenção, junto com a estrutura**. Para estes gráficos utiliza-se o botão **Ver gráfico** e, imediatamente depois, a função **Compor...** do menu **Resultados>Composição...**. Ter em atenção a escala a que deve definir o gráfico antes da sua composição. O funcionamento é similar à composição de outros gráficos de vistas em 3D: geometria, esforços...

Na caixa de diálogo que se utiliza para modificar as opções de um desenho de composição (função **Resultados>Composição>Modificar opções**) existe um botão **Paredes de contenção** que permite aceder à caixa de diálogo de opções de gráficos de paredes de contenção e alterar as opções ao desenho de composição seleccionado.



Desenhos

Intersecções entre paredes resistentes e paredes de contenção em desenhos

No cálculo dos desenhos dos planos, nas zonas de intersecção entre as paredes de contenção e as paredes resistentes, os polígonos exteriores das paredes resistentes cortam-se contra os polígonos exteriores das paredes de contenção, supondo que a zona comum a uma parede de contenção e uma parede resistente estará ocupada pela parede de contenção.

Nas paredes de contenção de betão, nos seus extremos o último bloco não será nunca mais curto que a metade do módulo nem mais largo que 1.5 vezes o comprimento do módulo.

Calculo da posição de estacas e módulos de betão das paredes resistentes

Ao modelar a estrutura, calcular-se-á também a posição que ocupam as estacas e os módulos de betão nas paredes de contenção e a partir desse momento, as estacas e os módulos de betão das paredes de contenção representam-se nos desenhos. A secção dos elementos que formam as estacas prancha representar-se-á sempre, mesmo que não esteja modelada a estrutura.

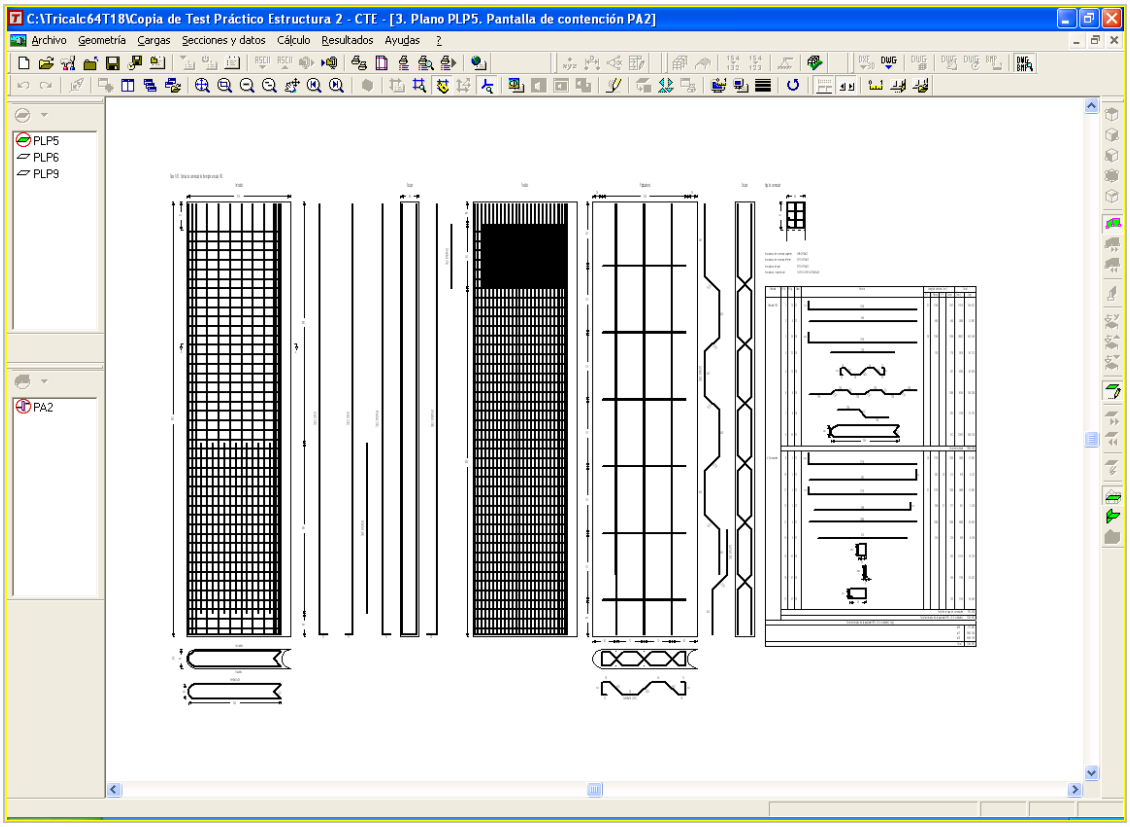
Armaduras

Desenhos de armadura de paredes de contenção

As funções do menu **Paredes de contenção** permite gerir os planos de armaduras das paredes de contenção:

- **Resultados>Armaduras>Paredes de contenção>Seleccionar...**
- **Resultados>Armaduras>Paredes de contenção>Desenhar armadura**
- **Resultados>Armaduras>Paredes de contenção>Ver armadura**

As janelas com a lista de desenhos e com a lista de pórticos podem ser utilizadas para alterar a parede de contenção cuja armadura se está visualizando.

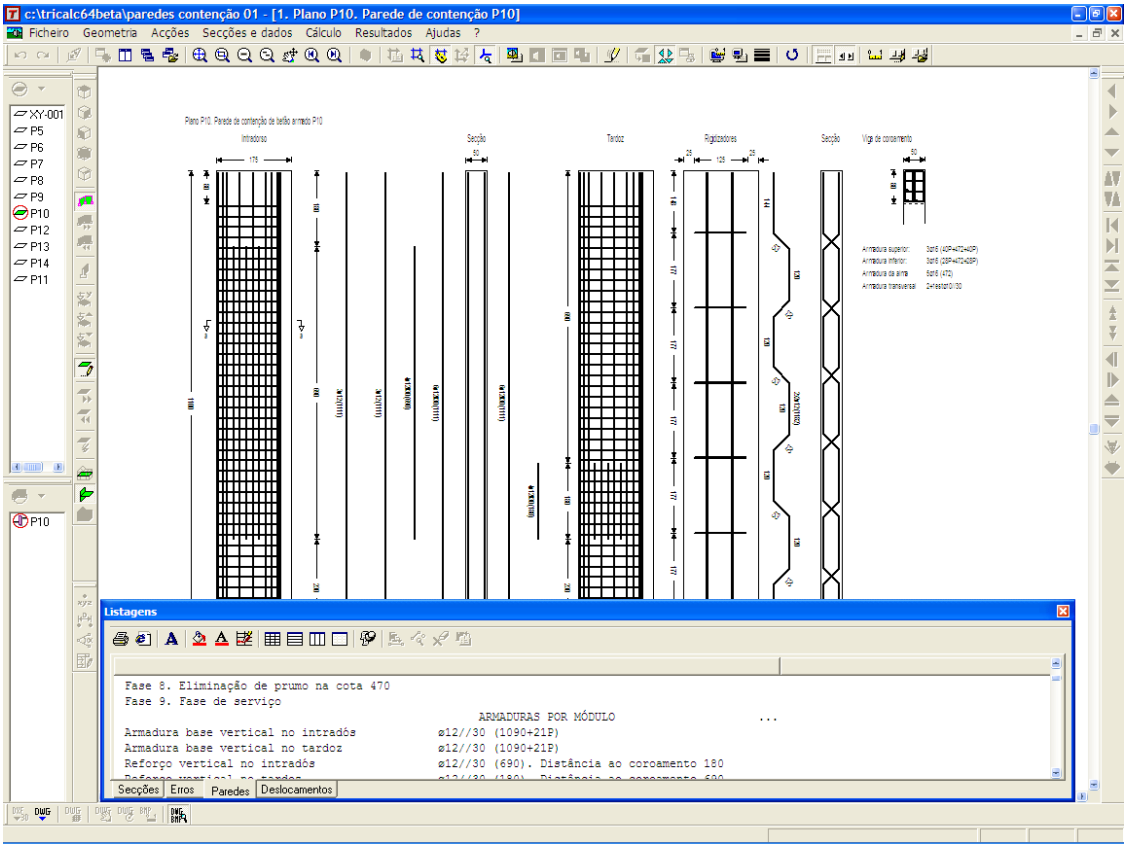

C:\Tricalc64T18\Copia de Test Práctico Estructura 2 - CTE - [3. Plano PLP5. Pantalla de contención PA2]
Archivo Geometría Cargas Secciones y datos Cálculo Resultados Ayudas ?
PLP5
PLP6
PLP9
PA2

As funções **Resultados>Armaduras>Desenho seguinte** e **Resultados>Armaduras>Desenho anterior** permitem mover-se pela lista de desenhos de armadura das paredes de contenção.

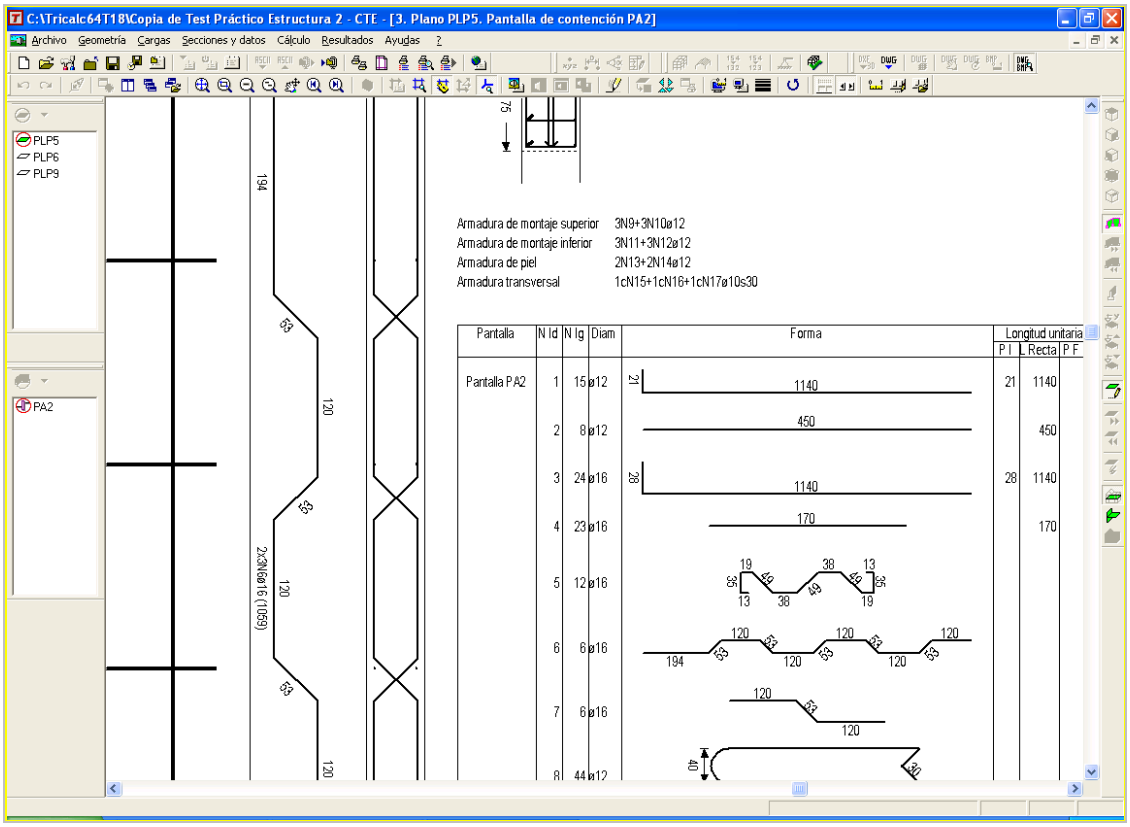
Enviam-se a DWG ou impressora todos os desenhos de armadura de paredes de contenção seleccionados, de forma similar a como se realiza com os muros de cave, armadura de vigas, armadura de pórticos, ...

Opcionalmente desenhar-se-á a tabela de varões nos desenhos de armadura de paredes de contenção. Da mesma forma que nas folhas de composição, de forma opcional, adicionam-se os varões na tabela.

A função **Resultados>Armaduras>Retocar>Parede resistente** permitirá retocar a armadura das paredes de contenção.



Na tabela de armaduras de paredes de contenção, tanto em desenhos de armadura de paredes de contenção como em folhas de composição, aparecerão 2 linhas de totais distintas. A primera totaliza a armadura de um módulo de betão (ou estaca), e a segunda a estimativa do total da parede de contenção, como resultado da multiplicação do total de um módulo (ou estaca) pelo número de módulos que compõem a parede de contenção. Esta estimativa não será exacta caso o comprimento do último módulo da parede de contenção não seja igual à do resto dos módulos da parede de contenção.

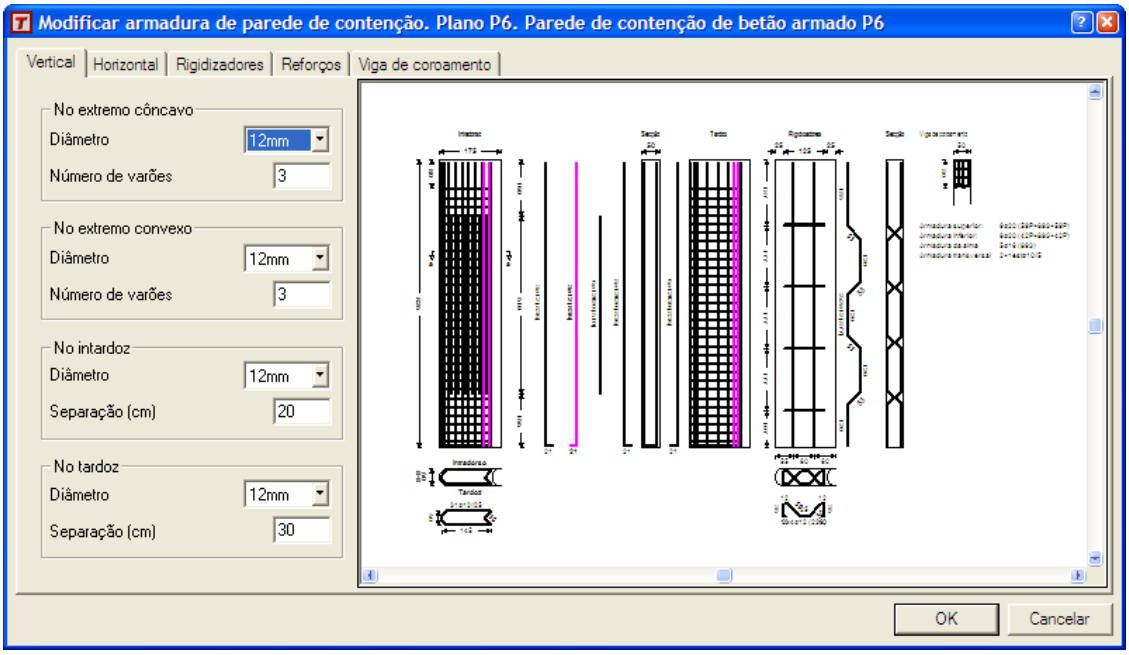


A função **Apagar marca de erro** permite eliminar os erros de armadura nas paredes de contenção de forma similar a barras de betão, escadas, ...

As funções **Resultados>Desenhos>Mover Secção**, **Resultados>Desenhos>Opacar Secção** e **Resultados >Desenhos>Escalar Secção** permitem mover, opacar e escalar o desenho dos cortes dos modelos e estacas tipo das paredes de contenção.

Retoque de armaduras

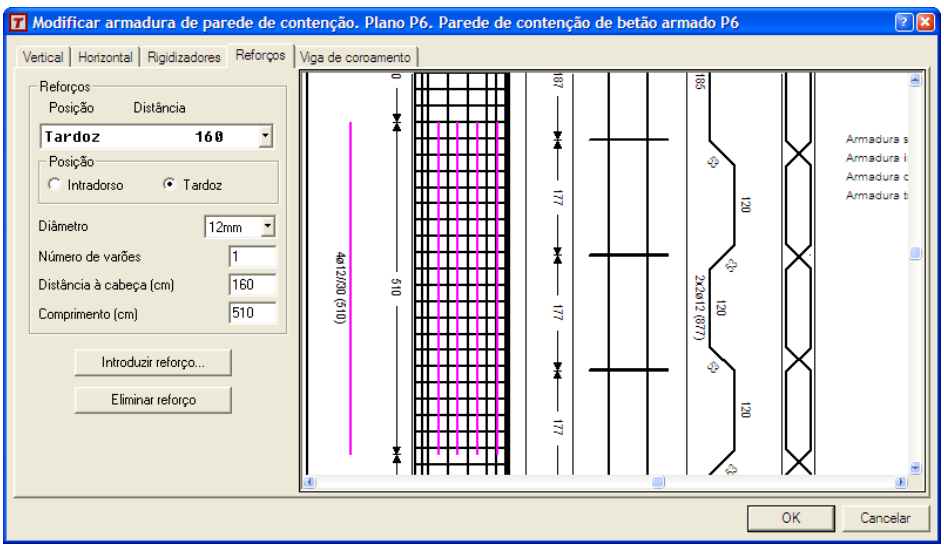
No menu **Resultados>Armaduras>Retocar**, existe uma função para o retoque das armaduras dos muros de cave, de contenção e paredes de contenção. Caso se seleccione esta função, desde 3D ou 2D, acede-se à seguinte caixa de diálogo:



A armadura das paredes está classificada em vários separadores: **Vertical**, **Horizontal**, **Rigidificadores**, **Reforços** e **Viga de Coroamento**. É possível modificar o número e o diâmetro de cada tipo de armadura. A janela gráfica tem funções de zoom+- com o rato. Os diferentes tipos de armaduras desenham-se em cor magenta quando estão seleccionados.

Introdução e Eliminação de reforços

No separador **Reforços**, existem 2 opções **Introduzir reforço...** e **Eliminar reforço**.



Seleccionando **Introduzir reforço...**, aparece uma caixa com os valores do reforço a introduzir.

Caso se seleccione **Eliminar reforço**, elimina-se o reforço representado na lista de reforços e assinalado em cor magenta na janela gráfica.

Composição de desenhos de armadura de paredes de contenção

Na caixa de composição automática existe a opção **Paredes de contenção** para modificar as opções que afectam as paredes de contenção.

Medições: Paredes de contenção

Através da função **Resultados>Medições>Paredes de contenção**, medem-se os kilogramas de aço e os metros cúbicos de betão em paredes de módulos de betão e paredes de estacas, bem como a superficie em metros quadrados das paredes de estacas prancha.

Na janela de códigos de preços aparece um separador específico de paredes de contenção, onde se definem os códigos dos preços para a medição das paredes de contenção.

Na função **Resultados>Medição geral** aparece uma opção para **Paredes de contenção**.

Para a medição da superfície de lajes aligeiradas os limites das lajes cortam-se contra as paredes de contenção, afectando o valor da superfície de lajes medida.

Na medição de lajes fungiformes aligeiradas e maciças, os limites das lajes cortam-se contra os da parede de contenção. A zona de intersecção não se inclui na medição de lajes fungiformes aligeiradas e maciças.

Configuração do produto

O programa ***demoTricalc*** permite introduzir e visualizar resultados de paredes de contenção porém não permite calcular.

Para a utilização de ***Tricalc.18*** é necessário pelo menos dispor dos módulos ***Tricalc.1*** e ***Tricalc.2***.

Bibliografia Paredes de Contenção

- Jiménez Salas, J.A., Justo Alpañés, J.L., Serrano González, A.A.: "Geotecnia y Cimientos II".
- Ministerio de Fomento: "R.O.M 0.5-94: Recomendaciones Geotécnicas para el Proyecto de Obras Portuarias".
- U.P.M. – GATE: Curso de Proyecto y Construcción de Pantallas Continuas y de Pilotes.

- Rodríguez Liñán, C., y Justo Alpañés, J.L.: "Desarrollo de un método de cálculo de pantallas de hormigón armado y estudio comparativo con medidas experimentales". Boletín de la Sociedad Española de Mecánica del Suelo y Cimentaciones. Núm. 78. 1985. Pág. 3-40.
- Muzas Labad, F.: "El coeficiente de balasto en el cálculo de pantallas". Revista de Obras Públicas. Núm. 3459. Octubre 2005. Pág. 33-46.
- Geotechnical Engeneering Office. Civil Engineering Departament. The Goverment of the Hong Kong Special Administrative Region: "Guide to Retaining Wall Design".
- Calavera Ruiz, José: "Muros de contención y muros de sótano".